

VŠB – Technická Univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra výrobních strojů a konstruování



Tribodiagnostika hydraulických kapalin

Tribodiagnostics of Hydraulic Fluids

Student:

Bc. Eva Ďásková

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Ladislav Hrabec Ph.D.

Ostrava 2013

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra výrobních strojů a konstruování

Zadání diplomové práce

Student:	Bc. Eva Ďásková
Studijní program:	N2301 Strojní inženýrství
Studijní obor:	3909T001 Konstrukční a procesní inženýrství
Specializace:	72 Technická diagnostika, opravy a udržování
Téma:	Tribodiagnostika hydraulických kapalin Tribodiagnostics of Hydraulic Fluids

Zásady pro vypracování:

Ve spolupráci se zadavatelem proveďte na základě měření a dlouhodobého sledování rozbor a vyhodnocení změn v kvalitě provozních kapalin hydraulických systémů vybraných výrobních zařízení.

V rámci zadání zpracujte:

1. Rešerši k problematice hydraulických kapalin a jejich nasazení v provozních systémech výrobních zařízení, včetně problematiky těžkozápálních hydraulických kapalin.
2. Vytipování vhodných výrobních zařízení ke sledování na základě aktuálních možností zadavatele a zpracování základních informací o konstrukci strojů, užívaných hydraulických kapalinách, provozních podmínkách, záznamech o provozu, problémech, poruchách a podobně.
3. Návrh odběru vzorků hydraulických kapalin s ohledem na provozní podmínky sledovaných zařízení s cílem vyhodnotit stav provozních náplní a současně technický stav stroje.
4. Návrh doporučení a nápravných opatření k pro sledovaná zařízení s ohledem na prováděnou tribodiagnostiku a vývojové trendy, které povedou k minimalizaci havárií, prodloužení životnosti a zvýšení provozní spolehlivosti zvolených celků.

Další pokyny a konzultace poskytne firma ESOS Ostrava, s.r.o.

Seznam doporučené odborné literatury:

KREIDL, M., ŠMÍD, R. *Technická diagnostika*. 1. vydání, Praha : BEN - Technická literatura, 2006. 408 s. ISBN 80-7300-157-6.

HELEBRANT, F., ZIEGLER, J., MARASOVÁ, D. *Technická diagnostika a spolehlivost I - Tribodiagnostika*. 1. vydání, Ostrava : VŠB-TU Ostrava, 2001, 158 s. ISBN 80-7078-883-6.

HELEBRANT, F. *Technická diagnostika a spolehlivost IV - Provoz a údržba strojů*. 1. vydání, Ostrava, VŠB-TU Ostrava, 2008, 127 s. ISBN 978-80-248-1690-6.

KOPÁČEK, J. *Technická diagnostika hydraulických mechanismů*. Praha : SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1990. 159 s. ISBN 80-03-00308-3.

ŠAFR, E. *Technika mazání*. 2. dopl. vydání, Praha : SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1970. 381 s. 04-010-70.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí diplomové práce: **Ing. Ladislav Hrabec, Ph.D.**

Datum zadání: 14.12.2012

Datum odevzdání: 20.05.2013



doc. Dr. Ing. Ladislav Kovář
vedoucí katedry



doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci, včetně příloh, vypracovala samostatně pod vedením vedoucího práce a uvedla jsem všechny podklady a literaturu.

V Olomouci: 15. 5. 2013

A handwritten signature in blue ink, reading "Eva Dášková", written on a light blue rectangular background. The signature is cursive and stylized.

Podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byla seznámena s tím, že na moji diplomovou (bakalářskou) práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB – TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou (bakalářskou) práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová (bakalářská) práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové (bakalářské) práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou (bakalářskou) práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB – TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB – TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Olomouci: 15. 5. 2013



Podpis

Jméno a příjmení autora práce: Bc. Eva Dásková

Adresa trvalého pobytu autora práce: Mrsklesy 28, Hlubočky 3, 783 65

ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

Đásková, E. *Tribodiagnostika hydraulických kapalin : diplomová práce.*

Ostrava : VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra výrobních strojů a konstruování 2013, 64s., Vedoucí práce: Hrabec, L.

Tato diplomová práce se zabývá tribodiagnostikou hydraulických kapalin. Z definice tribotechniky vyplývá, že se jedná o vědní obor zabývající se aplikací tribologických zásad do konstrukce strojů a zařízení. S tribotechnikou úzce souvisí problematika tribodiagnostiky, která se zaměřuje na využití informací získaných z maziv k objektivnímu určení technického stavu sledovaného objektu.

Praktická část popisuje přesně hydraulické kapaliny, jejich použití, výhody, nevýhody. Popisuje jednotlivé vlastnosti hydraulických kapalin, všechny její činitele, základní rozbor a zkoušky. Díky těmto zkouškám můžeme zjistit, jaký je poměr mechanických nečistot v oleji, viskozitu, obsah vody, číslo kyselosti, bod vzplanutí a celkové znečištění.

ANNOTATION OF DIPLOMA THESIS

Đásková, E. *Tribodiagnostics of Hydraulic Fluids : Diploma Thesis.* Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical engineering, Department of Production machines and designed, 2013, 64p., Thesis head: Hrabec, L.

This diploma thesis is devoted to wals tribodiagnostics of hydraulic fluids. By definitiv tribotechnics that i tis a science dealing with the application of tribological principles into teh design of machinery and equipment. Tribotechnology is closely related to tribodiagnostics, which focuses on the use of informatik obtained from lubricants to objectively determine the technical state of the object.

The practical part describes exactly hydraulic fluids, thein uses, advantages, disadvantages. Describes the variol properties of hydraulic fluids, all of its agents, bacis analysis and testing. With these tests we can determine the ratio of mechanical impurities in the oil, viscosity, water kontent, acid number, flash point and overall pollution.

OBSAH

SEZNAM POUŽITÝCH ZNAČEK A ZKRATEK.....	3
ÚVOD.....	5
1. TRIBODIAGNOSTIKA	6
1.1 Tribodiagnostika v praxi	6
2. METODY TRIBOTECHNICKÉ DIAGNOSTIKY	10
2.1 Rozdělení metod tribodiagnostiky	10
2.2 Odběr vzorků	11
2.3 Odběr vzorků z praktického hlediska	12
3. HODNOCENÍ OLEJE.....	14
3.1 Fyzikálně chemické parametry.....	14
3.2 Kinematická viskozita.....	15
3.3 Bod vzplanutí	16
3.4 Číslo alkality a kyselosti	17
3.5 Obsah vody	18
3.6 Conradsonův karbonizační zbytek	18
3.7 Celkové znečištění.....	18
4. HYDRAULICKÉ KAPALINY	19
4.1 Praktické použití hydraulických olejů.....	20
4.2 Rozdělení hydraulických kapalin	21
4.3 Klasifikace hydraulických olejů.....	22
4.3.1 Klasifikace I	22
4.3.2 Klasifikace II	22
4.3.3 Klasifikace III	23
4.3.4 Klasifikace IV	23
4.4 Primární funkce hydraulického oleje	24
4.5 Sekundární funkce hydraulického oleje.....	24
4.6 Terciální funkce hydraulického oleje	24
4.7 Typy olejů dle složení	24
4.8 Typické přísady v hydraulickém oleji.....	25
5. TĚŽKOZÁPALNÉ HYDRAULICKÉ KAPALINY	26
5.1 Vlastnosti těžkozápalných kapalin.....	27
6. HYDRAULICKÉ LISY.....	30
6.1 Základní charakteristika	30
6.2 Hydraulický lis v provozu	30

6.3	Odebírání oleje	34
7.	PŘÍSTROJE V LABORATOŘÍCH	35
7.1	Kinematická viskozita.....	35
7.2	Bod vzplanutí v otevřeném kelímku	37
7.3	Stanovení čísla kyselosti.....	38
7.4	Stanovení kódu čistoty	40
7.5	Stanovení obsahu vody	41
8.	VYHODNOCENÍ A ROZBOR VZORKŮ OLEJE.....	43
8.1	Tabulky naměřených hodnot.....	43
9.	DOPORUČENÍ A NÁPRAVNÁ OPATŘENÍ.....	54
	ZÁVĚR.....	55
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	57

SEZNAM POUŽITÝCH ZNAČEK A ZKRATEK

ZNAČKA	VELIČINA	JEDNOTKA SI
A	Konstanta kapiláry	-
c	Konstanta viskozimetru	-
g	Hmotnost	g
kg	Hmotnost	kg
m	Délka	m
mg	Hmotnost	mg
mg*KOH ⁻¹	Kyselost	mg*KOH ⁻¹
mm	Délka	mm
ml	Objem	ml
min	Čas	min
MPa	Tlak	MPa
ppm	Hmotnost	mg*kg ⁻¹
s	Čas	s
t	Čas	s
°C	Teplota	°C
ν	Kinematická viskozita	mm ² *s ⁻¹
τ	Aritmetický průměr	-
μm	Délka	μm

ZKRATKA	VÝZNAM
CKZ	Cordansonův karbonizační zbytek
ČSN	Česká technická norma
HFA	Emulze oleje ve vodě
HFB	Emulze vody v oleji
HFC	Vodní roztoky polymerů
ISO	Mezinárodní organizace pro normalizaci
HFD	Syntetické bezvodé kapaliny
KOH	Hydroxid draselný
TTD	Tribotechnická diagnostika

ÚVOD

Z definice tribotechniky je patrné, že se hovoří o vědním oboru, který se zabývá použitím tribologických zásad do konstrukce strojů a zařízení. S tribotechnikou úzce souvisí problematika tribodiagnostiky, která se zaměřuje na využití informací získaných z maziv k objektivnímu určení technického stavu sledovaného objektu.

Hlavním důvodem, proč se zavádí tribodiagnostika do provozu, a její následné využití, je ekonomické, technické i bezpečnostní. Důvody ekonomické a technické mají k sobě velmi blízko. Známe-li aktuální technický stav používané olejové náplně, můžeme rozhodnout o jejím dalším setrvání (popřípadě další výměně) v provozu a tím pádem i k úspoře finančních prostředků. A to buď prodloužením doby používání olejové náplně anebo za případné náklady na opravu a prostoje v důsledku havárie stroje z příčiny nevyhovujícího technického stavu olejové náplně.

Jedním z nepostradatelných mechanických prvků, používaných při konstrukci a stavbě strojů, jsou v současné době hydraulické systémy. Pro své fyzikální vlastnosti byla zpočátku jako fluidní médium využívána voda. Tu postupem času nahradily výkonnější a dokonalejší kapaliny s vlastnostmi nezbytnými pro dlouhodobě spolehlivý provoz stávajících výkonných hydraulických systémů.

Hydraulické kapaliny jsou média, jejichž prostřednictvím se v hydraulických systémech přenáší výkon. Úkolem hydraulických kapalin je přenos energie s co nejnižšími ztrátami způsobenými třením a opotřebením. Požadavky na efektivnější využití energie, snížení tření a zvýšení mechanické účinnosti si vynucují konstrukční změny hydraulických systémů a zvýšený nárok na hydraulické kapaliny. Běžnými hydraulickými kapalinami jsou minerální voda nebo olej.

Pokud se zaměříme na těžkozápalné hydraulické kapaliny, tak bychom je mohly definovat jako kapaliny, které jsou díky obsahu vody nebo obsahu chemického základu odolné proti hoření. V provozu se také můžeme setkat i s použitím názvu „*nehořlavé kapaliny*“. Toto označení však není přesné, jelikož např. u emulzí, které jsou tvořené vodou i olejem, může postupem času dojít ke vzplanutí. Tato situace může nastat za předpokladu, že při zvýšené teplotě se voda odpaří, olejová složka se vznítí a začne hořet. Proto je vhodné v takových případech používat přesnější označení *kapaliny s omezenou hořlavostí*.

1. TRIBODIAGNOSTIKA

Tato kapitola byla zpracována dle literatury [2].

Tribotechnickou diagnostikou můžeme definovat jako bezmontážní metodu technické diagnostiky. Tato metoda získává vše podstatné o dějích a mechanických změnách v technických systémech díky mazivu (toto mazivo je v těchto systémech aplikováno), ze kterého získává informace. Tato metoda je určená ke zjišťování, vyhodnocování a oznamování, že se v mazivu vyskytuje cizí těleso, a to jak z hlediska kvantitativního, tak i kvalitativního. Správné vyhodnocení výsledků z provedených zkoušek umožňuje nejen včasné upozornit na případné příznaky vznikající poruchy, ale v řadě případů i lokalizaci místa vzniku mechanické závady.

Nedílnou složkou sledování maziv pro účely tribotechnické diagnostiky je i sledování projevů a následků procesu degradace maziv v průběhu jejich provozního nasazení. Oba uvedené cíle spolu úzce souvisí a nemohou být proto posuzovány odděleně.

Při práci strojního zařízení nebo stroje se opotřebením uvolňují částice kovu nebo jejich sloučeniny. Tyto produkty, které vznikají v důsledku opotřebení, jsou mazacím olejem vyplavovány z třecích míst a spolu s olejem cirkulují v mazací soustavě stroje. Se vzrůstajícím opotřebením se zvyšuje koncentrace těchto příměsí v oleji.

Obecně množství produktu opotřebení v určitém okamžiku závisí na množství oleje v mazací soustavě, počáteční koncentraci těchto produktů, na době provozu stroje, na množství příměsí přicházejících do oleje, na množství dolévaného oleje a na funkci olejových čističů.

1.1 Tribodiagnostika v praxi

Jak již bylo výše uvedeno, tato metoda využívá informace získané z maziva k objektivnímu určení technického stavu sledovaného objektu.

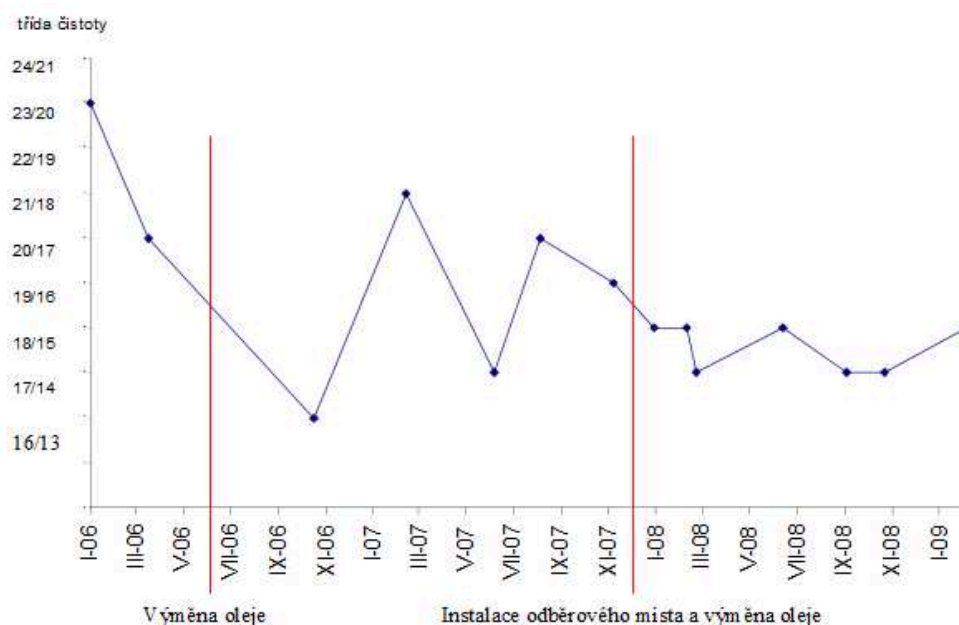
Z tribodiagnostických rozborů olejových náplní získáváme dvě informace. Tyto informace jsou o aktuálním technickém stavu strojního zařízení a o aktuálním stavu olejové náplně, dále nám slouží ve spolupráci s ostatními diagnostickými metodami. Následující rozborů posléze slouží jako podklady k dalšímu rozhodování o stanovení zbytkové životnosti strojních zařízení, zda je nutná oprava a pokud ano, jaký bude její rozsah.

Při rozhodování, zda se dá olej ještě použít či nikoli, se vychází z doporučení mezních hodnot výrobců, z vlastních zkušeností tribotechniků a ze zkušeností jiných expertů v oboru tribodiagnostiky.

Za největším problémem, v aplikaci tribodiagnostiky, se považuje samotný odběr olejových vzorků pro analýzu. S tribodiagnostikou se nesmí začínat před tím, než budou vytvořena vhodná odběrová místa. I proškolení pracovníci budou provádět odběry na různých místech, s odlišným postupem a s různou kvalitou. Nesprávnost odběru se projeví hlavně při stanovení nečistoty a vody v oleji. Z výsledků předchozích měření mezi dvěma po sobě jdoucími odběry byly rozdíly i tří tříd kódu čistoty dle **ISO 4406/87 – Stanovení kódu čistoty ČSN 65 6206**. Jediné řešení je vytvořit přesně definovaná odběrová místa (Obr. 1). Popis průběhu kódu čistoty před a po instalaci odběrových míst (Obr. 2).



Obr. 1 – Příklady umístění a označení odběrových míst – [16]



Obr. 2 – Průběh kódu čistoty před a po instalaci přesně definovaných odběrových míst – [16]

Odběrová místa však mnohdy nelze vytvořit u všech strojů v souladu s doporučeními a standardy. Je těžké dodržet i doporučené postupy odběru a to kvůli konstrukci strojů a olejovém systému.

Následující doporučení pro odběr olejového vzorku často nelze zcela dodržet:

- olej musí být zahřátý na provozní teplotu,
- olej musí být dostatečně promíchán,
- vzorek musí být odebírán z výtokového potrubí nebo odběr provádět před filtrem,
- vzorek odebírat z míst s laminárním prouděním.

Další potíže, se kterými se lze setkat v praxi, jsou činnosti související s doplňováním olejů. V minulosti byl zaznamenán případ, při kterém v důsledku špatného postupu doplňování mazacího oleje došlo k jeho kontaminaci mechanickými nečistotami. Jako hlavní nedostatky byly definovány vlivy:

- Lidského charakteru – jsou způsobeny nedodržováním správných pracovních postupů:
 - používat výhradně předepsané pomůcky, které jsou čisté a ve způsobilém technickém stavu. Rozdíl mezi dobrou a špatnou praxí v používání pomůcek pro doplňování oleje (Obr. 3),
 - při práci dodržovat předepsané pracovní postupy.
- Technického charakteru – jsou dané převážně konstrukcí, což je uspořádání plnicích hrdel a složitostí jejich přístupnosti. Typickým příkladem může být umístění plnicího hrdla ve výšce třech metrů nad úrovní terénu (Obr. 4). Při doplňování oleje je obsluze značně ztížen přístup k plnicímu hrdlu. Takto uspořádaný provoz představuje potenciální bezpečnostní riziko pro pracovníka, který má zodpovídat za údržbu zařízení. Tyto nedostatky lze odstranit pouze další dodatečnou investicí a instalací vhodného systému na doplňování mazacího oleje. Jako prevence by měla být důslednější kontrola projektů, návrhů a zamyšlení konstruktérů již ve fázi návrhu strojního zařízení.



Obr. 3 – Vlevo pojízdná ruční přetlaková nádoba na doplňování – správná praxe.
Vpravo ukázka nesprávné praxe – chybějící víko a nesprávné uložení – [16]



Obr. 4 – Plnicí hrdlo ve výšce třech metrů nad úrovní terénu – [16]

2. METODY TRIBOTECHNICKÉ DIAGNOSTIKY

Rozhodujícím faktorem pro tribotechnickou diagnostiku (TTD) je rychlost a přesnost provedeného rozboru. Pro hodnocení bylo vypracováno mnoho metod s různým stupněm použitelnosti. Jednotlivé druhy můžeme rozdělit do skupin:

- jednoduché zkoušky pro provozní kontrolu maziv,
- standardní zkoušky pro přesné stanovení kvality maziv (převážně ČSN),
- speciální metody pro celkovou diagnostiku maziv a strojního zařízení.

2.1 Rozdělení metod tribodiagnostiky

Jak bylo již zmíněno, TTD můžeme rozdělit do dvou základních skupin:

I. Sledování stavu opotřebení strojních zařízení

Tuto skupinu můžeme dále rozdělit na dvě metody:

- Metody pro stanovení koncentrace otěrových kovů
 - atomová emisní spektrofotometrie,
 - atomová absorpční spektrofotometrie,
 - polarografie a volumetrie,
 - metoda RAMO.
- Metody pro hodnocení morfologie a distribučního rozdělení částic kovů
 - Částicová analýza neboli ferografie s vyhodnocením
 - feroskopickým (morfologie a chemické složení),
 - ferodenzimetrické (distribuce vzhledem k velikosti).

II. Sledování degradace samotného maziva

Což je vlastně sledování neboli hodnocení fyzikálně chemických parametrů maziva. Z tohoto hlediska rozdělujeme oleje na průmyslové a motorové. Takže následně budeme hovořit o sledování:

- Aplikace následujících testů
 - kinematická viskozita,
 - bod vzplanutí,
 - obsah vody,
 - číslo celkové alkality a kyselosti,
 - conradsonův karbonizační zbytek,

- kapková zkouška,
- celkové znečištění,
- mechanické nečistoty.

- Spektrální analýze olejů
 - jednoduché zkoušky pro provozní kontrolu maziv,
 - standardní zkoušky pro přesné stanovení kvality maziv,
 - speciální metody pro celkovou diagnostiku maziv a strojního zařízení.

2.2 Odběr vzorků

Vzorek musí představovat průměrné složení používaného maziva ve strojním zařízení. Ideální podmínka pro odebrání vzorků je, pokud je odebrá jedna osoba za předem vypracovaných a přesných pracovních postupů a jen jednou formou metodiky pro odběr. Pro odběr vzorků je vypracováno několik zásadních postupů, které jsou zakotveny v normách. Nejpresnější a pracově náročná je norma **ČSN 65 6207**.

Cituji z normy ČSN 65 6207: „Norma platí pro odběr vzorků ke stanovení mechanických nečistot v ropných olejích a syntetických kapalinách, které se používají jako hydraulické nebo mazací kapaliny. Neplatí pro kapaliny, jejichž mazací schopnosti jsou zlepšeny přidávkou pevných maziv jako grafitu, sirníku molybdeničitého (MoS₂) apod. Podle čl. 7 všeobecné kapitoly je třeba při odběru vzorků a manipulaci s nimi dodržovat mj. i ustanovení ČSN 01 8003 – Zásady pro bezpečnou práci v chemických laboratořích a ČSN 65 0201 – Hořlavé kapaliny, Provozovny a sklady.“ Konec citace.

Jedná se o odběr vzorků hydraulických kapalin, kde je nutné věnovat zvýšenou pozornost množství a velikosti nečistot.

2.3 Odběr vzorků z praktického hlediska

V praxi se všeobecně odebírají vzorky oleje do čistých vzorkovnic o obsahu $250 \div 300$ ml. Odebírá se buď z tekoucího proudu oleje nebo při odběru z nádrže ze $\frac{2}{3}$ její výšky. Odběr z nádrže se provádí nasávacím zařízením, které může být jak vzorkovací pipeta nebo hadička se stříkačkou. Všechny pomůcky musí být v naprosté čistotě (čistí se stejně jako odběrová vzorkovnice), viz Obr. 5.



Obr. 5 – Pomůcky pro odebírání vzorků

Dle předpisů musí odebraný vzorek alespoň z 80 % naplnit vzorkovnici, aby šel olej v láhvi promíchat. Poté se vzorkovnice popíše a předá k rozboru. Zařízení, ze kterého se bude odebírat vzorek, musí být minimálně 20 minut v provozu, aby se olej dostatečně promíchal a ohřál na provozní teplotu. Poté odpustíme cca 500 ml oleje do čisté nádoby a nalijeme zpět do zařízení. Po propláchnutí odběrných zařízení provedeme odběr cca $200 \div 250$ ml oleje. Popis musí být čitelný, jasný, přesný a stručný.

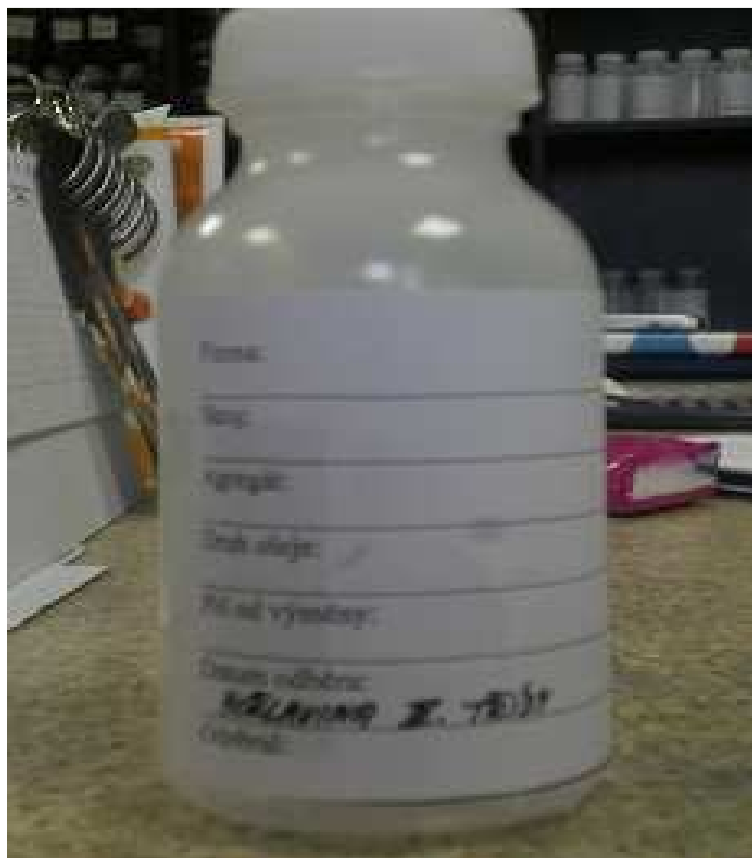
O způsobu hodnocení rozhoduje tribotechnik, který je zodpovědný za vedení diagnostiky a mazacích služeb.

Na vzorkovnici musí být informace:

- o místu odběru,
- o okamžiku odběru,
- o intervalu odběru,
- o způsobu odběru,
- o uložení vzorku.

Každý odebraný vzorek, co je ve vzorkovnici, musí být při předání tribotechnikovi do laboratoře označen údaji – Viz Obr. 6.:

- číslo a název stroje,
- mazané místo,
- druh maziva,
- datum odběru,
- kdo odebíral vzorek,
- označení požadovaných rozborů.



Obr. 6 - Vzorkovnice

3. HODNOCENÍ OLEJE

Stárnutí nebo také degradace oleje, je v praxi běžný jev, který je způsoben jeho reakcí se vzdušným kyslíkem. Rozsah a rychlost změn, způsobených oxidací závisí na chemickém složení maziva, na přítomnosti látek urychlujících nebo naopak zpomalujících oxidační reakce, a to jak při vzniku, tak i jejich průběhu. Oxidace olejů je řetězovou reakcí.

Východiskem pro hodnocení dynamiky změn jednotlivých parametrů za provozu jsou parametry čistého oleje nalitého do objektu. Provozní degradace maziva, oleje či kapaliny je dynamický proces probíhající v reálném čase, mající své zákonitosti, které je nutno sledovat, identifikovat a kvantifikovat, tzn. sledovat rychlost změn v čase.

3.1 Fyzikálně chemické parametry

Po odběru vzorku je nutné provést předběžnou vizuální prohlídku oleje.

Posoudíme:

- barvu oleje,
- přítomnost volné a vázané vody,
- viditelné mechanické nečistoty,
- zápach oleje (přepálený olej v hydraulickém zařízení).

Dále podrobíme olej laboratorním testům. Poté se oleje již rozdělují podle způsobu použití:

- oleje motorové,
- oleje průmyslové,
- oleje speciální.

Doporučené mezní jakostní ukazatele je nutné posuzovat se 100 % pečlivostí a pro jednotlivá zařízení je dále popř. rozlišovat.

Hodnoty, které se doporučují pro jednotlivé kapaliny a oleje, vychází z dlouholetých provozních zkušeností. Uvedené parametry je nutno považovat za doporučené pro všeobecnou orientaci a nebrat je dogmaticky pro všechny zařízení a oleje.

V oblasti hydraulických olejů je především nutné věnovat se především obsahu nečistot. Provádí se hodnocení podle **ISO 4406 (ČSN 65 6206)**. Ve většině případů je nutné sledovat množství vody, pěnivost a odlučivost vzduchu. Hlavní význam sledování se poté obrací na obsah přísad a zbytky prvků.

3.2 Kinematická viskozita

Kinematická viskozita představuje vnitřní tření kapaliny a je závislá na teplotě. Viskozita je jednou z nejdůležitějších vlastností maziva, oleje v oblasti hydrodynamického tření. Proto se stává hlavním zkušebním parametrem v údajích o mazacích olejích a základem pro jejich třídění a výběr. Změny viskozity během využití oleje v provozu mohou probíhat dvěma způsoby:

- zvyšování viskozity,
- pokles viskozity.

Zvyšování je způsobeno meziprodukty oxidační povahy, produkty částečné oxidace oleje, vytvářením emulze těchto produktů s vodou, případně znečišťováním kondenzačními produkty.

Snižování je způsobeno především teplotou a mechanickou degradací aditiv. Popřípadě také záměnou oleje.

Pokud je viskozita nízká, dochází k meznímu až suchému tření, což způsobuje nadměrné opotřebení, ale může také vést až k zadření třecích ploch. Což by následně vedlo k výměně či opravě součástí. Ale naopak příliš vysoká viskozita může způsobit nadměrné ztráty energie, vzhledem k vysokému koeficientu tření.

Všechny uvedené změny se musí hodnotit, přičemž z diagnostického hlediska má největší význam náhlá a prudká změna viskozity, která má za následek mechanickou závadu – např. vnik paliva do oleje nebo použití nevhodného oleje bez modifikátorů viskozitního indexu ve venkovních podmínkách.

Měření viskozity se provádí několika druhy viskozimetrů podle ČSN (Cannon-Fenske, Pinkevič, Ubbelohde - Obr. 7, apod.)

Kinematickou viskozitu následně spočítáme podle vzorce:

$$\nu = c \cdot \tau \quad [\text{mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}]$$

$c \rightarrow$ konstanta viskozimetru (uvedená ve zkušebním listě)

$\tau \rightarrow$ aritmetický průměr doby průtoku viskozimetru



Obr. 7- Viskozimetr Ubbelodhe – [13]

3.3 Bod vzplanutí

Teplota bodu vzplanutí, její výše, bývá velmi důležitým jakostním i bezpečnostním ukazatelem u mnoha druhů maziv. Zředující a hořlavé látky můžeme tímto způsobem zjistit u opotřebovaných olejů tím, jak klesají hodnoty.

Hodnocení se provádí převážně dvěma způsoby – podle **ČSN 65 6212** (podle Clevlanda) a **ČSN 65 6064** (podle Marcusona).

Cituji dle Helebrant F., Ziegler J., Marasová D., Technická diagnostika a spolehlivost I - Tribodiagnostika: „*Bod vzplanutí je nejnižší teplota, při které zahříváním v předepsaném přístroji za podmínek zkoušky přechází z oleje do ovzduší nad hladinou oleje již tolik par, že vzniklá směs přiblížením plaménku vzplane a opět zhasne.*“ Konec citace.

→ BOD VZPLANUTÍ V UZAVŘENÉM KELÍMKU

Hlavní podstatou této zkoušky je zahřát vzorek, bez míchání, v uzavřeném kelímku. Každé 2 s se do kelímku v pravidelných intervalech zavádí plamének a tím se zjišťuje nejnižší teplota. Při této teplotě se směs par, které se vytváří nad hladinou vzorku, vznítí a opět zhasne.

→ BOD VZPLANUTÍ A HOŘENÍ V OTEVŘENÉM KELÍMKU

Tato zkouška spočítá v tom, že se zahřívá vzorek v otevřeném kelímku předepsanou rychlostí do prvního vzplanutí par, které vzniknou nad hladinou po přiblížení zkušebního plamínku. Při dalším zahřívání vzorku, při kterém páry opět vzplanou a hoří bez přerušení nejméně 5 s.

3.4 Číslo alkality a kyselosti

Cituji dle Helebrant F., Ziegler J., Marasová D., Technická diagnostika a spolehlivost I - Tribodiagnostika: „*V průběhu provozní degradace olejů vzniká nižší a vyšší organické kyseliny. V mazacích olejích spalovacích motorů mohou být přítomny i minerální kyseliny jako produkty spalování. Volné minerální kyseliny působí korozivně a proto je jejich přítomnost v oleji nežádoucí, zvláště z těchto důvodů, že způsobují chemické opotřebení.*“ Konec citace.

- STANOVENÍ PŘÍTOMNOSTI KYSELIN A ZÁSAD ROZPUSTNÝCH VE VODĚ DLE **ČSN 65 6071**
- STANOVENÍ ČÍSLA KYSELOSTI DLE **ČSN 65 6070**

3.5 Obsah vody

Kvalitu maziva vždy znehodnocuje přítomnost vody nebo vlhkost. Nemůžeme zabránit tomu, aby se v oleji objevily stopové množství kondenzující vody, jelikož voda bývá vždy v oleji přítomna. Voda snižuje kvalitu mazacího filmu a může tedy zvyšovat korozi mazaných částí.

Přítomnost vody v oleji je nežádoucí z několika důvodů. Může způsobovat nebo podporovat korozi součástí, pění oleje, tvorbu emulze, zvyšovat viskozitu atd.

- METODY HODNOCENÍ OBSAHU VODY

Abychom zjistili obsah vody v oleji, provádíme zkoušku dle **ČSN 65 6231** tzv. „Prskací zkouškou“. Přesné kvantitativní stanovení obsahu vody v oleji se provádí potenciometrickou titrací, metodou podle K. Fischera, dle **ČSN 65 0330**.

Zkoušky se provádí: - vizuální zkouškou,
- prskací zkouškou,
- coulometrickou metodou,
- destilační zkouškou.

3.6 Conradsonův karbonizační zbytek

Conradsonův karbonizační zbytek (CKZ) je ve skutečnosti náchylnost ke tvorbě uhlíkatých zbytků při vysokých teplotách. Když se v provozu oleje vyskytne vysoký CKZ, znamená to, že to charakterizuje zvýšenou tvorbu úsad.

Ve skutečnosti se jedná o hmotnostní podíl zbytku po termickém rozkladu produktu bez přístupu vzduchu za předepsaných podmínek.

3.7 Celkové znečištění

Cituji dle Helebrant F., Ziegler J., Marasová D., Technická diagnostika a spolehlivost I - Tribodiagnostika: *„Největším nebezpečím pro hydraulické prvky jsou pevné nečistoty. Částice menší než kritická vůle, procházejí mezi součástmi hydraulického prvku velkou rychlostí a způsobují ezorní opotřebení. Částice větší než kritická vůle mohou způsobit ucpání štěrbin, což zapříčiňuje v sacích částech vznik kavitace.“* Konec citace.

4. HYDRAULICKÉ KAPALINY

Hydraulické kapaliny jsou média, jejichž prostřednictvím se v hydraulických systémech přenáší výkon. Úkolem hydraulických kapalin je přenos energie s co nejnižšími ztrátami způsobenými třením a opotřebením. Požadavky na efektivnější využití energie, snížení tření a zvýšení mechanické účinnosti si vynucují konstrukční změny hydraulických systémů a zvýšený nárok na hydraulické kapaliny. Běžnými hydraulickými kapalinami jsou minerální olej nebo voda. Mezi zařízení, kde se používají hydraulické kapaliny, patří bagry, nakladače, popelářské vozy, hydraulické brzdové systémy, hydraulické posilovače řízení, převodovky, řídicí systémy letadel a různé průmyslové stroje. Hydraulické systémy nejúčinněji fungují, má-li hydraulická kapalina nízkou stlačitelnost.

Hydraulické kapaliny jsou druhou nejvýznamnější skupinou maziv, samozřejmě až po motorových olejích. Na celkové spotřebě maziv se podílejí asi 12 % a na spotřebě průmyslových maziv 30 %. Z toho ropné hydraulické kapaliny tvoří 85 ÷ 90 %, těžko-zápalné kapaliny 5 %, bio-odbouratelné kapaliny, včetně speciálních přísad, také 5 %.

Menší okruhy a méně optimální tvar a hlavně velikost retenční nádrže (retence – z latiny znamená zadržení, podržení; retenční nádrž - malá vyrovnávací přehrada) znamená, že bude rychlejší průtok v poměru k objemu kapaliny. Minimální vůle hydraulicky ovládaných prvků vyžadují, aby kapalina, která protéká retenční nádrží, byla dobře filtrována a to velmi jemnými filtry. Tohoto musí být dosaženo i za předpokladu, že bude přítomna voda.

Za následek to poté má vyšší tlaky a teploty, které působí na hydraulické kapaliny, to zvyšuje riziko oxidace, pěnění, kavitaci. Vlivem toho vznikají podmínky, za kterých mohou vznikat úsady a tvořit se kal. Může také docházet k vyššímu opotřebení ventilů a hydrogenerátoru. Pokud se budou tyto součásti opotřebovávat, zapříčiní to častější výměnu blokových filtrů. Hlavní otázka potom je, zda jsme ochotni vše absolvovat v provozu a hlavně zda je to ekonomicky výhodné.

4.1 Praktické použití hydraulických olejů

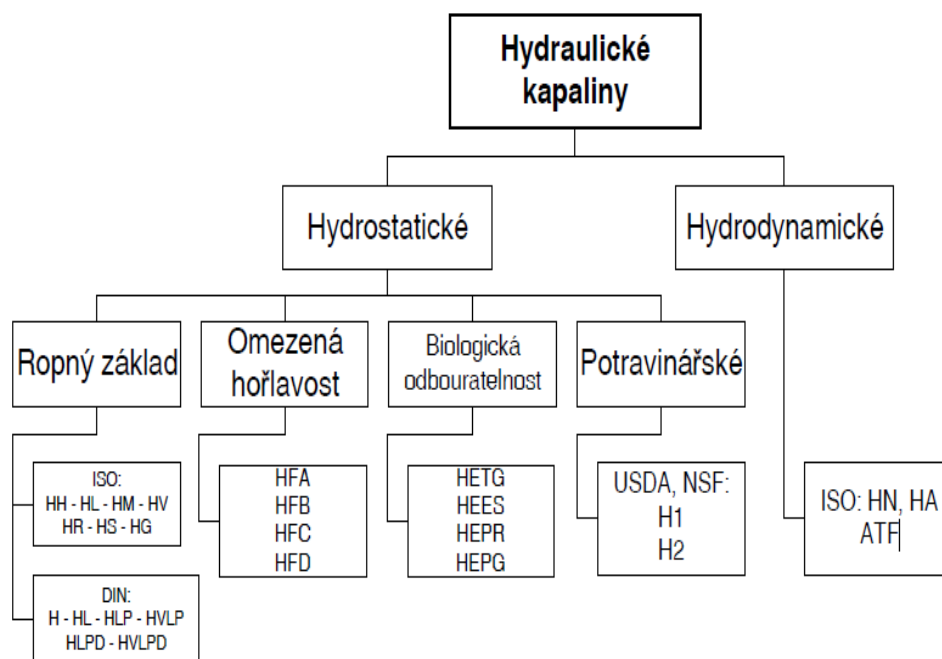


Obr. 8 – Traktor – [14]

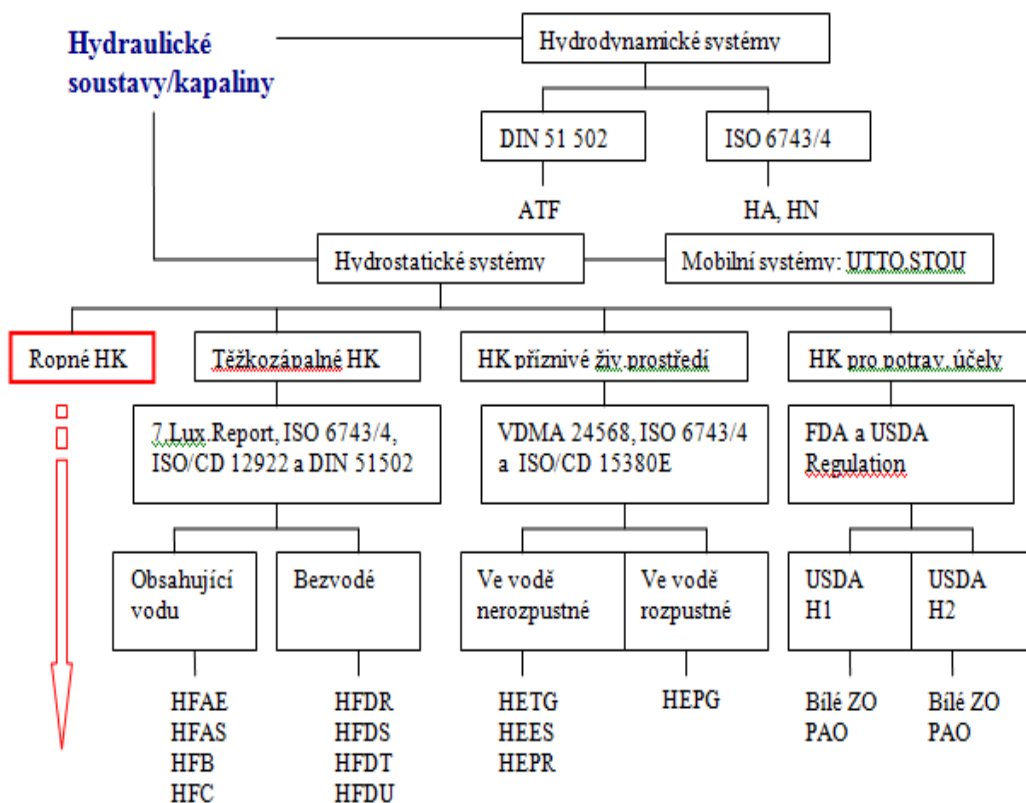


Obr. 9 – Hydraulický jeřáb KRONOS – [15]

4.2 Rozdělení hydraulických kapalin



Obr. 10 – Rozdělení hydraulických kapalin – [11]



Obr. 11 – Hydraulické soustavy / kapaliny – [18]

4.3 Klasifikace hydraulických olejů

4.3.1 Klasifikace I

Následující tabulky byly čerpány z literatury [11]

DIN	ISO	Charakteristika	Použití
--	HH	Rafinovaný ropný olej	Starší systémy (-10 až +90°C)
HL	HL	Rafinovaný ropný olej se zlepšenou ochranou proti korozi a oxidaci	Silně zatížené hydrostatické pohony a požadavkem na dobrou separaci vody (-10 až +90°C)
HLP	HM	Oleje typu HL se zlepšenou ochranou proti opotřebení	Obecné hydraulické systémy se silně zatíženými součástmi a požadavkem na dobrou separaci vody (-20 až +90°C)
--	HR	Oleje typu HL s přísadou pro zlepšení v-t chování	Širší rozsah provozních teplot než oleje HL (-35 až +120°C)

4.3.2 Klasifikace II

DIN	ISO	Charakteristika	Použití
--	HH	Rafinovaný ropný olej	Starší systémy (-10 až +90°C)
HL	HL	Rafinovaný ropný olej se zlepšenou ochranou proti korozi a oxidaci	Silně zatížené hydrostatické pohony a požadavkem na dobrou separaci vody (-10 až +90°C)
HLP	HM	Oleje typu HL se zlepšenou ochranou proti opotřebení	Obecné hydraulické systémy se silně zatíženými součástmi a požadavkem na dobrou separaci vody (-20 až +90°C)
--	HR	Oleje typu HL s přísadou pro zlepšení v-t chování	Širší rozsah provozních teplot než oleje HL (-35 až +120°C)

4.3.3 Klasifikace III

Kapaliny se sníženou hořlavostí

ISO	Charakteristika	Použití
HFA E	Emulze typu olej-ve-vodě s podílem vody > 80 %	Pohony s tlaky cca 300 bar používané v dolech
HFA S	Syntetické vodné roztoky bez obsahu ropného oleje s podílem vody > 80 %	Hydrostatické pohony s tlaky cca 160 bar (5 až +55°C)
HFB	Emulze typu voda-v-oleji s podílem oleje asi 60 %	Např. britský důlní průmysl, ale neschváleny v SRN (5 až +60°C)
HFC	Vodné roztoky polymerů s podílem vody > 35 %	Hydrostatické pohony v průmyslu a v dolech (-20 až +60°C)
HFD R	Bezvodé syntetické kapaliny na bázi fosforečných esterů	Mazání a regulace turbín apod. (-20 až +150°C)
HFD U	Bezvodé syntetické kapaliny na jiné bázi (např. k-estery)	Hydrostatické pohony, průmyslové hydrauliky (-35 až +90°C)

4.3.4 Klasifikace IV

Bezvodé, rychle biologicky odbouratelné kapaliny

ISO	Charakteristika	Použití
HEPG	Polyalkylenglykoly rozpustné ve vodě	Hydrostatické pohony, např. zámky, „vodní hydrauliky“ (-30 až +90°C)
HETG	Triglyceridy (rostlinné oleje) nerozpustné ve vodě	Hydrostatické pohony, např. mobilní hydraulické systémy (-20 až +70°C)
HEES	Syntetické estery nerozpustné ve vodě	Hydrostatické pohony, mobilní a průmyslové hydraulické systémy (-30 až +90°C)
HEPR	Polyalfaolefiny apod. nerozpustné ve vodě	Hydrostatické pohony, mobilní a průmyslové hydraulické systémy (-35 až +80°C)

4.4 Primární funkce hydraulického oleje

- minimalizace tření,
- odvod a rozptýlení tepla,
- prodlužování životnosti stroje,
- přenos tlaku a pohybové energie,
- přenos sil a momentů při použití jako mazivo,
- minimalizace opotřebení v podmínkách mezního tření,
- ochrana součástí před korozí (ze železných i neželezných kovů),
- dobrá viskozitně-teplotní závislost a vhodnost pro široký rozsah teplot.

4.5 Sekundární funkce hydraulického oleje

- vysoká tepelná stabilita a odolnost pro stárnutí,
- kompatibilita s kovy i elastomery,
- dobré odlučování vzduchu a vody,
- nízká pěnivost a dobrý smyková stabilita.

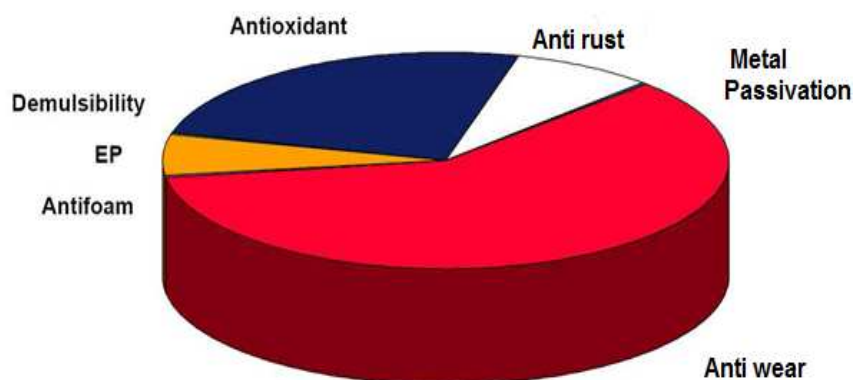
4.6 Terciální funkce hydraulického oleje

- nízká odpařivost související s nízkým tlakem par,
- toxikologická neškodnost,
- ekologická bezpečnost (hlavně u „ekologických“ olejů),
- nízká hořlavost (především u „nehořlavých“ kapalin).

4.7 Typy olejů dle složení

- Základový olej
 - konvenční (ropný rafinát),
 - nekonvenční (hydrokrakovaný, PAO, SHC, estery, polyglykoly).
- Přísady
 - s povrchovým působením,
 - upravující vlastnosti oleje,
 - chránící olej.

4.8 Typické přísady v hydraulickém oleji



Obr. 12 – Přísady v hydraulickém oleji – literatura [11]

Antioxidant – Je to látka, kde její molekuly omezují aktivitu kyslíkových radikálů. Snižují pravděpodobnost jejich vzniku nebo je můžou převádět do méně reaktivních nebo nereaktivních stavů.

Antirust – Přísada, která zabraňuje korozi.

Metal Passivation – Kovová pasivace. Ve fyzikální chemii a v inženýrství se materiál stává „pasivní“. To znamená, že je méně ovlivněna environmentálními faktory, jako je vzduch a voda.

Antiwear – Přísada, která zabraňuje opotřebení.

Antifoam – Přísada proti pění.

EP - Chlorované parafíny fungují jako EP protizáděrové přísady na železných kovech (vůbec ovšem nesnižují tření) a dosahují toho vytvořením vrstvičky chloridu železa. Při vysokém tlaku zabraňují kontaktu kov-kov a vzniku svarů. Pokud by chlorované parafíny nevytvářely chloridové vrstvičky, nemohly by fungovat jako EP přísady.

Demulsibility – Jsou to přísady, které mají de-emulgační schopnosti. Deemulgace je proces rozkladu použité řezné emulze zpět na olejový podíl a vodu. Rovněž laboratorní zkouška na odolnost oleje vůči tvorbě emulze.

5. TĚŽKOZÁPALNÉ HYDRAULICKÉ KAPALINY

Tato kapitola je čerpána z literatury [17]

Těžkozápalné hydraulické kapaliny jsou kapaliny, které jsou díky obsahu vody nebo obsahu chemického základu jsou odolné proti hoření. Můžeme se setkat zároveň i s použitím názvu „nehořlavé kapaliny“. Toto označení však není přesné, jelikož např. u emulzí, které jsou tvořené vodou i olejem, může postupem času dojít ke vzplanutí. Tato situace může nastat za předpokladu, že při zvýšené teplotě se voda odpaří, olejová složka se vznítí a začne hořet. Za tohoto předpokladu je pak v takových případech vhodnější používat přesnější označení, a to kapaliny s omezenou hořlavostí.

Tyto kapaliny se používají v zařízeních a prostředcích, kde se dá očekávat zvýšené riziko nebezpečí požáru, jako jsou např. hlubinné doly a hutě, letectví apod.

Základní rozdělení těchto kapalin podle normy **ISO 6071**:

HFA – EMULZE OLEJE VE VODĚ

HFB – EMULZE VODY V OLEJI

HFC – VODNÍ ROZTOKY POLYMERŮ

HFD – SYNTETICKÉ BEZVODÉ KAPALINY

Je vhodné upozornit na specifikaci provozu mechanismů, které pracují s vodními emulzemi a roztoky. V první řadě se musí brát ohled na rozmezí teplot. U kapalin HFA a HFB se nesmí teplota dostat pod bod mrazu. U všech kapalin, které obsahují vodu, se nesmí teplota vyšplhat na horní hranici, což je cca 50 °C. Kdyby se teplota dostala nad tuto hranici, docházelo by ke zvýšenému odpařování vody, což by značně mohlo zvyšovat riziko kavitace (vznik dutin v kapalině při lokálním poklesu tlaku). Jak je známo, voda je hlavním faktorem, který působí korozivně a proto je zapotřebí pravidelně sledovat a doplňovat obsah antikoroďantů. Antikoroďanty se většinou používají v kapalně formě, ale mohou se přidávat i antikoroďanty těkavé, jenž chrání proti korozi. V posledních letech se stále častěji vyrábějí části mechanismů z antikoroďných materiálů, jako jsou např. legované oceli, barevné kovy, keramika, plasty, pryže atd.

Za velkou nevýhodu vody se dá považovat to, že nemá v praktickém nasazení vůbec žádnou mazací schopnost, proto je životnost použitých zařízení výrazně kratší než v porovnání s provozem zařízení v oleji. Z tohoto důvodu se musí brát ohled na rozsah použitých tlaků a otáček hydromotorů, hydrogenerátorů, který byl omezen.

5.1 Vlastnosti těžkozápálních kapalin

V následující tabulce jsou uvedeny vybrané a nejčastější vlastnosti těžkozápálních kapalin.

Tab. 1 – Vlastnosti těžkozápálních kapalin – literatura [17]

druh kapaliny	HFA	HFB	HFC	HFD
odolnost proti hoření	velmi dobrá	dobrá	velmi dobrá	dobrá
hustota [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$]	1000	950	1040-1090	1150-1450
provozní rozsah teplot [$^{\circ}\text{C}$]	30 – 50	30 – 50	30 – 50	70 – 90
maximální rozsah teplot [$^{\circ}\text{C}$]	3 – 55	3 – 55	-30 – 50	-25 – 150
kinematická viskozita při 40 $^{\circ}\text{C}$ [$\text{mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$]	1 – 2	nestanoveno (není Newt. kap.)	20 – 70	15 – 70
obsah vody [%]	80 – 98	40 – 60	35 – 60	0
životnost ložisek v normální životnosti [%]	5 – 10	6 – 15	6 – 18	50 – 100
cenový index vzhledem k oleji HLP	0,1 – 0,25	<2	1,5 – 2	2 – 5

KAPALINY HFA

Jedná se o emulzi oleje, která je obsažená ve vodě. Obsah oleje ve směsi se nejčastěji pohybuje do 10 %. Což však není podmínkou, jelikož v některých případech může nastat i to, že obsah se bude pohybovat okolo 20 %. Pro výrobu emulze se nejčastěji používají olejové koncentráty. Tyto koncentráty se vyrábějí buď na bázi minerální s emulgačními přísadami (HFA – E) nebo na bázi syntetické (HFA – S). Emulzi lze v obou již zmíněných případech použít v rozsahu teplot 3 ÷ 55 $^{\circ}\text{C}$ a pracovní tlaky 10 MPa. Při výjimečných situacích se může kapalina použít i při vyšších tlacích. Kapaliny HFA jsou levné a z praktického hlediska zcela nehořlavé, jelikož jejich vlastnosti se velmi podobají vodě.

Koncentráty, o kterých bylo již psáno výše, jsou na bázi oleje a jsou zcela nerozpustné ve vodě. Díky přítomnosti emulgátorů jsme schopni vytvořit emulzi s omezenou stabilitou. Tato stabilita je ovlivněna jak vlastnostmi oleje, tak chemickým složením vody, která se používá k výrobě kapaliny. Voda by měla být demineralizovaná, což znamená, že je zbavená všech iontově rozpustných látek a křemíku

(obvykle se vyskytuje ve formě oxidu křemičitého). Tím, že voda bude demineralizovaná, se dosáhne vyšší stálosti a ta se pohybuje od jednoho do sedmi dnů.

Do kapalin se ještě přidávají, kromě emulgátorů, inhibitory koroze – což je ve své podstatě chemická látka, která při přidání do kapaliny snižuje korozivní působení na materiál (typicky buď kov anebo slitina kovů), baktericidní přísady – též známé pod pojmem biocidy, zabraňují rozmnožování mikroorganismů, zejména v emulzních olejích a olejích znečištěné vodou; protipěnovostní přísady – aditiva, která potlačují vznik pěny a snižují její stabilitu, čímž předchází zhoršení mazivosti anebo úplné ztrátě oleje.

KAPALINY HFB

U této kapaliny je to právě naopak než u předešlé. Zde se jedná o emulzi vody v oleji. Obsah vody ve směsi je min. 40 %, v některých případech se pohybuje v rozmezí cca 60 %. Tato kapalina se používá hlavně tam, kde je kladen vyšší nárok na mazací schopnost, což také působí méně korozivně. Nevýhodou použití této kapaliny však je, že díky vyššímu obsahu oleje jsou tyto kapaliny hořlavější než kapaliny HFA. Kapaliny HFB lze použít pro teploty od 5 ÷ 60 °C v nízkotlakých a středotlakých mechanismech. U těchto mechanismů se však pohybuje v rozmezí tlaku do 16 MPa.

Tuto kapalinu můžeme použít v lisech a kovací lisech. V zahraničí, například na britských ostrovech, se využívají k ražbě černého uhlí. V České republice se v dolech nesmějí používat, jelikož dle báňského předpisu nesplňují přísné požadavky na nehořlavost. Například v Německu jsou tyto kapaliny přísně zakázány.

KAPALINY HFC

Tyto kapaliny lze popsat jako roztoky vyšších polyethylglykonů s obsahem vody, která se může pohybovat v rozmezí 35 ÷ 60 % vody. Polyglykon není toxický, proto se tato kapalina používá jako ekologická. Výhodou této kapaliny je, že odpadá problém se stabilitou roztoku, jako tomu je u emulze. Další výhodou, díky které se tato kapalina hojně používá v praxi je, že je velmi odolná proti hoření a má vysoký viskozitní index. Ten se pohybuje až okolo 150. Díky vysokému obsahu polyglykonu tyto kapaliny snesou i nižší teploty, proto se mohou použít v provozu, kde se teplota pohybuje od -30 do 50 °C. Avšak může zde dojít k větší tlakové ztrátě, která je způsobena vyšší viskozitou a hustotou. Do roztoku se přidávají inhibitory koroze, antioxidanty, aby se zlepšily její vlastnosti. I když tyto všechny přísady přidáme do kapaliny, její mazací schopnost bude stále nízká. Koncentrace kyselých produktů oxidace nesmí přesáhnout hranici 0,15 %. Kapaliny HFC jsou velmi agresivní na běžné druhy nátěrů, zinek a na kůži. Také se nesmí zaměnit olejová náplň HFC, jelikož HFC se nemísí s jinými kapalinami. Z důvodu, že polyglykony nejsou toxické, dá se použít tato kapalina jako ekologická.

Použití kapaliny HFC je malé, používají se např. pro středotlaké mechanismy, u nichž nesmí tlak překonat 16 MPa. V dolech se používají roztoky s vyšším obsahem vody, můžeme ji použít i u takových licích strojů.

KAPALINY HFD

Nemá žádný obsah vody, proto se zde hovoří o syntetické kapalině. Je prakticky nehořlavá, lze ji díky obsahu aditiv použít i pro vyšší tlaky. HDF kapalina je náchylná na přítomnost vody, se kterou hydrolyzuje – hydrolyza je rozkladná reakce, při které se spotřebovává voda. Kyselost této kapaliny nesmí přesáhnout hranici $0,3 \text{ mg} \cdot \text{KOH} \cdot \text{g}^{-1}$. Z fyziologického hlediska je málo závadná a dobře biologicky odbouratelná, z tohoto důvodu se používá i jako ekologická kapalina.

Nevýhodou této kapaliny je její vysoká pořizovací cena, proto je její využití velmi malé. Můžeme ji však nalést v letectví, kde se používá v hydraulice letadel; v regulátorech parních turbín; svařovacích a důlních strojů. Občas se mísí s minerálními oleji, aby byla cenově lépe dostupná a zároveň se tím vylepší její viskozitní vlastnost.

Kapaliny HFD lze rozdělit do dalších podtříd, jako např.: HFDR, HFDS, HFDT, HFDU.

HFDR – estery kyseliny fosforečné,

HFDS – chlorované bifenyly,

HFDT – kombinace HFDR a HFDS

HFDU – jiné složení (silikonové oleje, speciální estery kyseliny uhličitě)

Kapalinu HFDR lze použít pro velký rozptyl teplot, který se pohybuje od - 25 do 150 °C. Nevýhodou však je, že má vysokou závislost viskozity na teplotě. Nadruhou stranu má vša antikorozivní účinek a velice dobré mazací schopnosti. Kapalina společně se železem vytváří fosfody a fosfáty s protioděrovými účinky a zároveň reaguje i s kovovými povrchy.

HFDS kapalina je v současné době zakázaná vzhledem ke karcinogním účinkům. Jinak má však tato kapaliny vynikající vlastnosti.

6. HYDRAULICKÉ LISY

6.1 Základní charakteristika

- bezpečnost, vysoká přesnost, tuhost a pohodlná obsluha,
- hydraulické lisy jsou určeny pro obsluhu jedním pracovníkem (muž, žena),
- mají nízké nároky na spotřebu energie, malé rozměry, nepotřebují stavební základ,
- menší velikosti lze umístit přímo na pracovní stůl, pro větší rozměry je vhodné použít podstavec,
- vyznačují se jednoduchou obsluhou, nabízí širokou možnost nastavení technologických parametrů,
- jsou vhodné pro použití jak v řemeslných dílnách, autoopravnách a údržbářských provozech, tak v sériové a hromadné výrobě,
- vysoká bezpečnostní úroveň,
- poskytují obsluze jistotu bezpečné práce.

6.2 Hydraulický lis v provozu

Teplota vstupní kapaliny se pohybuje kolem 60 °C. Olej v nádrži má objem 400l. Olej, který se používá, má označení HFDU – žáru odolná hydraulická kapalina s omezenou hořlavostí (její hodnoty: viskozita při 40 °C = 47,5; viskozitní index = 185; bod tuhnutí = - 42 °C; bod vzplanutí = 310 °C; skladovatelnost = 5 let), ale před použitím tohoto oleje se používal olej Cosmolubric HF 130. Nádrž, ve které je umístěn olej, je umístěna pod plechovou podlahou hned vedle dopravníku, viz Obr. 13. Na tomto hydraulické lisu se provádí 3 - směnný nepřetržitý provoz.

Většinou se provádí kontrola oleje v 31 týdenních intervalech. Pokud ale zákazník potřebuje určit kvalitu vzorku dřívě, provede se rozbor vzorku oleje i v dřívějším termínu.

Každý pracovník, co nastoupí na směnu, by měl začít svou směnu tím, že zkontroluje olej vizuálně. Což znamená, že musí posoudit barvu oleje, vzhled, zjistit, zda olej jakkoli nezapáchá. Musí zkontrolovat, zda olej neuniká z nádrže, zda není nádrž na nějakém místě poškozená. Pokud ano, musí to ihned nahlásit vedoucímu pracoviště a stroj se odstavit.

Po odstavení stroje se provede patřičná oprava a stroj mezitím nahradí jiný hydraulický lis. Proto na tomto stroji „nestojí“ výroba. Není nenahraditelný.



Obr. 13 – Hydraulický lis pro tvarování hliníkových kol



Obr. 14 – Dávkování materiálu pro slisování

Hydraulický lis se používá na tvarování hliníkových kol, které se používají pro automobilové průmysly. Na Obr. 15 můžeme vidět příklady hliníkových kol.

Výhodou hliníkových kol je, že mají nižší hmotnost, než kola ocelová. To je přínosem k redukci, tzv. neodpružených hmot a tím možné zlepšení reakcí podvozku na okolní terén. Snížením hmotnosti rotační součásti (kola + pneu) redukuje též velikost jejího momentu setrvačnosti. Hmotnost kola tak má vliv na brzdění a akceleraci. Zde je ale důležité připomenout, že je velmi důležité rozložení hmoty v závislosti na poloměru. Další výhodou je odpovídající tuhost a pevnost takového kola při jeho výhodné nízké hmotnosti.



Obr. 15 – Příklady hliníkových kol – [16]

Na fotografiích, viz Obr. 16, 17 je vyfocen hydraulický lis ve dvou polohách. V jedné je zachycen při normální poloze, kdy je stroj v klidu a neprovádí se na něm žádné práce. Na Obr. 17 je vyfocen hydraulický lis v nižší poloze.



Obr. 16 – Hydraulický lis



Obr. 17 – Hydraulický lis v nižší poloze

6.3 Odebírání oleje

Místo, ze kterého byl olej z hydraulického lisu odebírán. Viz Obr 18, 19.



Obr. 18 – Místo pro odebírání oleje



Obr. 19 – Místo pro odebrání oleje

7. PŘÍSTROJE V LABORATOŘÍCH

Odebrané vzorky z hydraulických lisů byly prováděny na přístrojích v laboratořích, které budou postupně v následující kapitole uvedeny na fotografiích.

U každé fotografie bude stručný popis, jak se na přístroji měří, kam se dává potřebný vzorek a jak se vyhodnocuje potřebný rozbor vzorku.

7.1 Kinematická viskozita

Kinematická viskozita byla provedena viskozimetrem typu **Ubbelohle – ČSN 65 6215**, viz Obr. 20. Je to kapilární viskozimetr a jeho konstantu zjistíme měřením kapaliny o známé viskozitě. Byla měřena doba, za kterou vytekl určený objem kapaliny.

Kapalina při měření vytéká z nádoby, daný objem kapaliny je na nádobě vyznačen dvěma ryskami, kapilárkou. Kapilárka ústí do nádoby, která je spojena trubicí s okolím, takže kapalina vytéká proti konstantnímu, což je atmosférickému, tlaku. Kapalina pomalu stékala po stěnách nádoby. Povrch kapaliny má v horní části viskozimetru, takže se eliminoval vliv povrchového napětí na dobu výtoku.

Výrobce dodává cca 10 sad viskozimetru, lišících se od sebe průměry kapiláry a hodící se proto pro různě viskózní kapaliny. Vhodný viskozimetr se vybere podle výtoku kapaliny, která by se měla pohybovat v rozmezí od 200 do 1.000 sekund. Na každém viskozimetru je uvedena jeho konstanta. Ve zkušebním listu je uvedena i kapalina, která byla použita ke zjištění jeho konstanty. Před každou sadou měření je třeba si konstantu ověřit, jelikož i sebemenší nečistota v kapiláře má značný vliv na dobu výtoku kapaliny.

Pracovní postup: Nejdříve se vzorek zkoušeného oleje zahřeje ve vodní lázni na 40 °C. Poté jej důkladně promícháme přímo ve vzorkovnici na třepačce. Zkoušený olej nalijeme do připravené a suché kádinky a z ní naléváme do trubice ústící do nádobky viskozimetru. Viskozimetr naplníme olejem tak, aby hladina v nádobce ležela mezi dvěma na ní vyznačenými ryskami. Pak jej upevníme do kovové závěsné klece. Zavěsíme do lázně o teplotě 40 °C. Viskozimetr musí být ponořen až po horní okraj nádoby a necháme vytemperovat (cca 30 min).

Pak se nasadí na trubicí hadička s trubičkou, uzavře se prstem trubice a nasaje se kapalina až do nádoby. Zastavíme je, až se meniskus dotkne dolní rysky pod nádobkou.

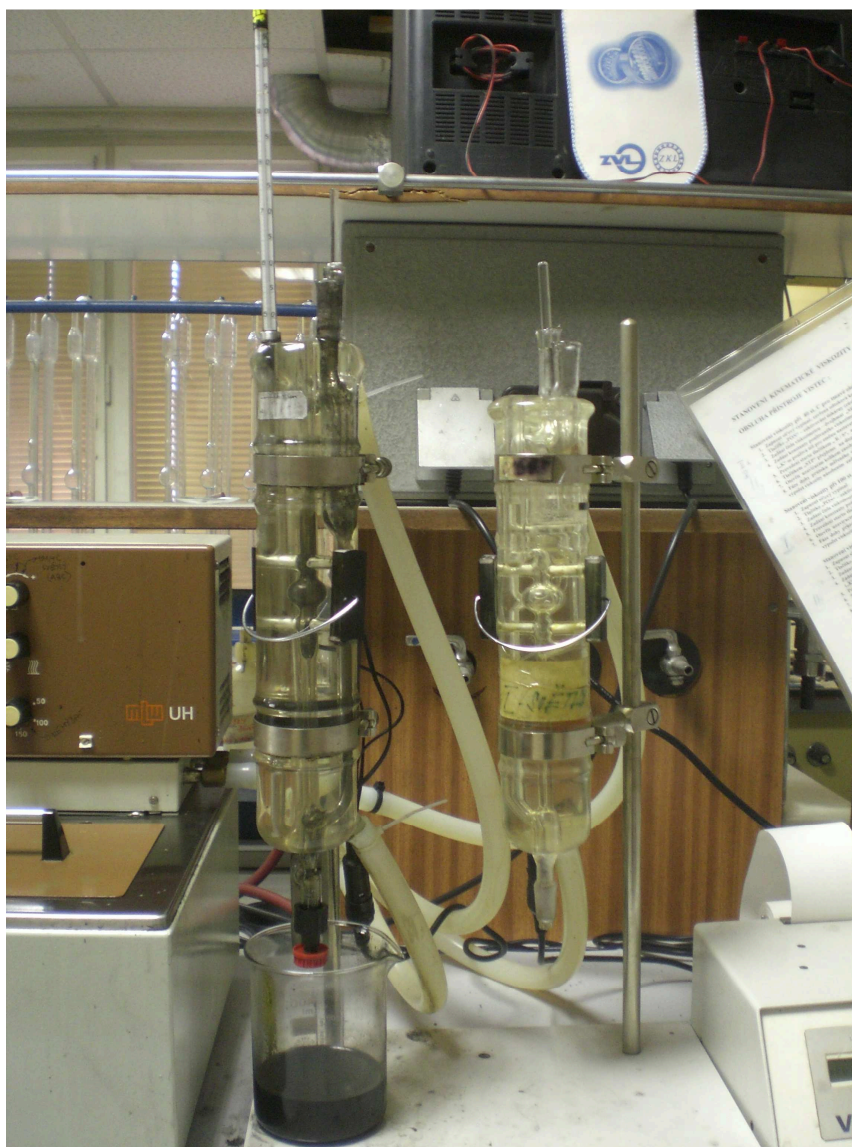
Měření se provádí dvakrát a rozdíl výsledků nesmí být větší než $\pm 0,5 \%$. Ihned po měření se olej vyleje a viskozimetr vypláchne technickým benzínem a dá sušit.

Kinematickou viskozitu vypočítáme dle vzorce:

$$\nu = A \cdot t$$

[s]

Kde A je konstanta kapiláry násobená dobou průtoku oleje za čas t [s]



Obr. 20 – Příklad na zjištění viskozity při 40 °C

7.2 Bod vzplanutí v otevřeném kelímku

Bod vzplanutí a hoření v otevřeném kelímku podle **CLEVELENDY**, viz Obr. 21. Tato metoda je založena na zahřívání vzorku v otevřeném kelímku předepsanou rychlostí do prvního vzplanutí par vzorku nad hladinou po přiblížení zkušební plamene (bod vzplanutí) a dalším zahřívání vzorku, při kterém páry vzplanou a hoří bez přerušení nejméně po dobu 5 sekund (bod hoření).

Vzorky se odebírají podle **ČSN 65 6005**. Vzorek se před zkouškou důkladně promíchá třepáním v uzavřené vzorkovnici, která je naplněna do $\frac{3}{4}$ objemu. Vzorky tuhých ropných látek se před zkouškou roztaví. Teplota vzorku má být o 56 °C nižší než je předpokládaný bod vzplanutí vzorku.

Pracovní postup: Kelímek je naplněn vzorkem tak, aby meniskus byl přesně na značce. Při naplnění kelímku nad značku se nadbytek odstraní odsátím pipetou nebo jiným vhodným způsobem. Z hladiny vzorku se odstraní případné vzduchové bubliny. Zapálí se zkušební plamen a vyreguluje se na průměr cca 4 mm. Velikost plamene se porovná s kroužkem upevněným na ohřívací desce. Vzorek se z počátku zahřívá tak, aby teplota stoupala od 14 do 17 °C*min⁻¹. Jakmile je teplota vzorku přibližně 56 °C pod očekávaným bodem vzplanutí, sníží se rychlost ohřívání tak, aby po dobu posledních 28 °C stoupala teplota od 5 do 6 °C*min⁻¹ a omezí se průtok vzduchu v digestoři, aby se nad kelímkem nevytvářelo proudění vzduchu. Plamen se vede rovnoběžným pohybem v rovině okraje kelímku bez zastavení nad okraj kelímku přes jeho střed v jednom směru. Za bod vzplanutí se považuje teplota, při které v kterémkoliv místě na hladině vzorku směs par a vzduchu poprvé vzplane a opět zhasne. Modrý kruh, který se někdy vytvoří okolo plamene, se nebere v úvahu.



Obr. 21 – Bod vzplanutí a hoření v otevřeném kelímku

7.3 Stanovení čísla kyselosti

Stanovení čísla kyselosti se provádí na **COULOMETRU WTK**, viz Obr. 23. Je to založeno na titraci kyselých sloučenin, obsažených ve zkoušeném materiálu, alkoholickým rozborem hydroxidu draselného. Podle normy **ČSN 65 6070** se titrace vzorku rozpuštěného ve směsi alkohol + toluen provádí volumetrickou titrací na barevný indikátor, alkalickou modř B6, do změny barvy z modré na červenou nebo u tmavších olejů z modrého odstínu na červený. Průběh titrace je řízen spektrofotometrickým signálem pro stanovení čísla kyselosti.

Před vlastní zkouškou musí být vzorek zhomogenizován. Homogenizace spočívá v předeřtání vzorku cca na 40 °C a asi 5 minutovém protřepání na třepačce. Pro vyšší kyselosti se volí navážka nižší – max. 0,1 g. Pro nižší obsahy kolem 0,3 g. Navážení provádíme prostřednictvím injekční stříkačky.

Způsob provedení navážky: Do injekční stříkačky natáhneme předpokládané trojnásobné množství oleje vzorku. Váhy se vynulují – „tára“. Stříkačku postavíme na vážicí miskou a váhu opět vynulujeme – „tára“. Po vstříku určitého podílu objemu vzorku stříkačku postavíme na vážicí miskou, na displeji naskočí váha použitého vzorku – viz Obr. 22. U vysokoviskózních olejů se vzorek ještě ředí toluenem.



Obr. 22 – Váha na zvážení návažku

Pracovní postup: Zapojení elektrod se provede tak, že se propojí káblík mezi potenciometrem a titrační nádobkou. Nesmí se však překřížit. Titrační nádoba je konstruována na principu spojených nádob – je skleněná. Před naplněním vpravíme do titrační nádoby teflonové míchadlo. *Je zapnuto míchání – bez ohřevu!* Do prostředního prostoru se nalévá katolyt **ACITITRON B6**. Levé rameno nádoby se plní akolytem **ACITITRONEM P**. Je nutné, aby úroveň hladiny akolytu byla níže než úroveň katolytu. Titrační prostor musí být zcela zaplněn titračním roztokem (musí zaplňovat kapiláru plnicího ramene s vyloučením vzduchových bublin). Pravé rameno slouží pro nástřik vzorku oleje.



Obr. 23 – Stanovená čísla kyselosti – COULOMETR WTK

7.4 Stanovení kódu čistoty

Stanovení kódu čistoty se provádí pomocí **dCA monitoru**, viz Obr. 24. dCA monitor umožňuje pravidelnou kontrolu čistoty sensorového sítko a ověření jeho čísla pomocí kalibrace. Kontrola kalibračního čísla, které je vyryté na sensorovém sítku, se provádí proměření kalibrační kapaliny. Před kalibrací musí být do programu menu „Setup“ zapsáno kalibrační číslo, které je vyryto na zadní straně sensorového sítko.

Pracovní postup: Kapalina se musí min. 5 minut protřepávat. Lahvička se přemístí do tlakové komory, otevře se a natlakuje. Poté se propláchnou přívodní hadičky kalibrační kapalinou. Do programu se musí nastavit parametry – 10 µm sítko, o jakou hydraulickou kapalinu se jedná. Poté se provede samotné měření kódu čistoty, které se opakuje 3x. Po provedené zkoušce se vypočítá průměrná hodnota výsledku měření velikosti 10 µm částic. Následně se vypočítá procentická chyba od uváděné kontrolní hodnoty.

Ta se vypočítá jako:

$$\left(\frac{\text{průměr tří hodnot} - \text{kontrolní hodnota}}{\text{kontrolní hodnota}} \right) * 100 = \text{procentická odchylka}$$

Pokud se výsledek pohybuje v toleranci $\pm 10\%$, používá se hodnota vyrytá na senzorovém sítku. Při nesplnění této tolerance je možné kalibrační číslo přepočítat.

To se provede opětovným měřením, které se provede 6x na kalibrační kapalině. Zaznamená se výsledek v 10 μm částic. Odstraní se nejvyšší a nejnižší hodnota a ze čtyř zbývajících se provede průměr. Vypočítá se nová procentická odchylka.

Nové kalibrační číslo se vypočítá jako:

$$\left(\frac{\text{průměr čtyř hodnot}}{\text{vyryté kalibrační číslo}} \right) * 100 = \text{regulovaný průměr}$$

$$\left(\frac{\text{kontrolní hodnota}}{\text{regulovaný průměr}} \right) * 100 = \text{nové kalibrační číslo}$$



Obr. 24 – Stanovení kódu čistoty pomocí dCA monitoru

7.5 Stanovení obsahu vody

Zkouška se provádí na přístroji **COULOMETR WTK**, viz Obr. 25. Princip této zkoušky spočívá v tom, že voda reaguje s jódem a dalšími složkami roztoku stechiometricky, takže stanovení lze převést na velmi přesnou coulometrickou metodu s elektrochemickou generací titračního činidla. Před vlastní zkouškou musí být vzorek zhomogenizován. Pro vyšší obsahy vody se navážka vzorku volí nižší – cca 0,2 g. Pro nižší obsah vody se volí okolo 1,0 g. Navážení se provádí injekční stříkačkou.

Pracovní postup: Titrační nádoba je naplněna titračním roztokem asi do poloviny jejího objemu, tj. cca 125 ml. Na dně je teflonové míchadlo. *Je zapnuto míchání – bez ohřevu!* Upraví se časová prodleva pro nástřik vzorku. Výrobce stanovena na 10 sekund. Nastaví se kompenzační proudy – stlačením klávesnice *RESET*. Po ustálení musí být na displeji hodnota průměrného kompenzačního proudu v rozsahu 0÷4 mA. Stlačením klávesnice *RUN* zahájíme titraci vlastního vzorku. Poté se zjistí navážka vzorku. Stisknutím klávesnice *ENTER*, vyťukáme hodnotu navážky, znovu zmáčkne *ENTER* a na displeji se objeví vypočtená hodnota obsahu vody v ppm → ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) a to na 1 desetinné místo. Zkouška se provádí dvakrát.



Obr. 25 – Stanovení obsahu vody pomocí COULOMETRU WTK

8. VYHODNOCENÍ A ROZBOR VZORKŮ OLEJE

Všechny vzorky byly odebrány z hydraulického lisovacího stroje. Podle zkoušek bylo zjištěno, v jakém stavu byl olej ihned po zařazení do provozu a po 31 týdnech. Tato doba je dána zákazníkem. Kinematická viskozita, číslo kyselosti, barva, vzhled, to vše bylo známo již při zavedení stroje do provozu. Vzorky ze stroje si odebíral pracovník laboratoře, jelikož na to má vzdělání a praxi.

Veškeré informace o kapalině budou znárodněny v následujících tabulkách a grafech.

8.1 Tabulky naměřených hodnot

V následující tabulce – Tab. 2, lze vidět, jak se mění hodnoty hydraulického lisu č. 14, v období od počátku zavedení stroje do provozu až do den 16. 4. 2013, kdy se provádělo poslední laboratorní měření.

První měření se provádělo po 31 týdnech, následné měření se provedlo až na požádání zákazníka. Kinematická viskozita byla prováděna při 40 °C. Od zavedení stroje do provozu po první měření, což bylo provedeno 2. 12. 2011, se kinematická viskozita zvětšila o 3,56 %. Následně opět klesla o 7,38 %. Při dalším měření se pohybujeme cca ve stejných hodnotách a u posledního měření se opět zvětšila. Stále se ale pohybuje v mezích 15 %, což znamená, že kód čistoty u kapaliny je v pořádku.

Kód čistoty se prováděl dle normy **ISO 4406**. Když se podíváme na tabulku, vidíme, že hodnoty se skoro vůbec nemění a vše je dle norem v pořádku.

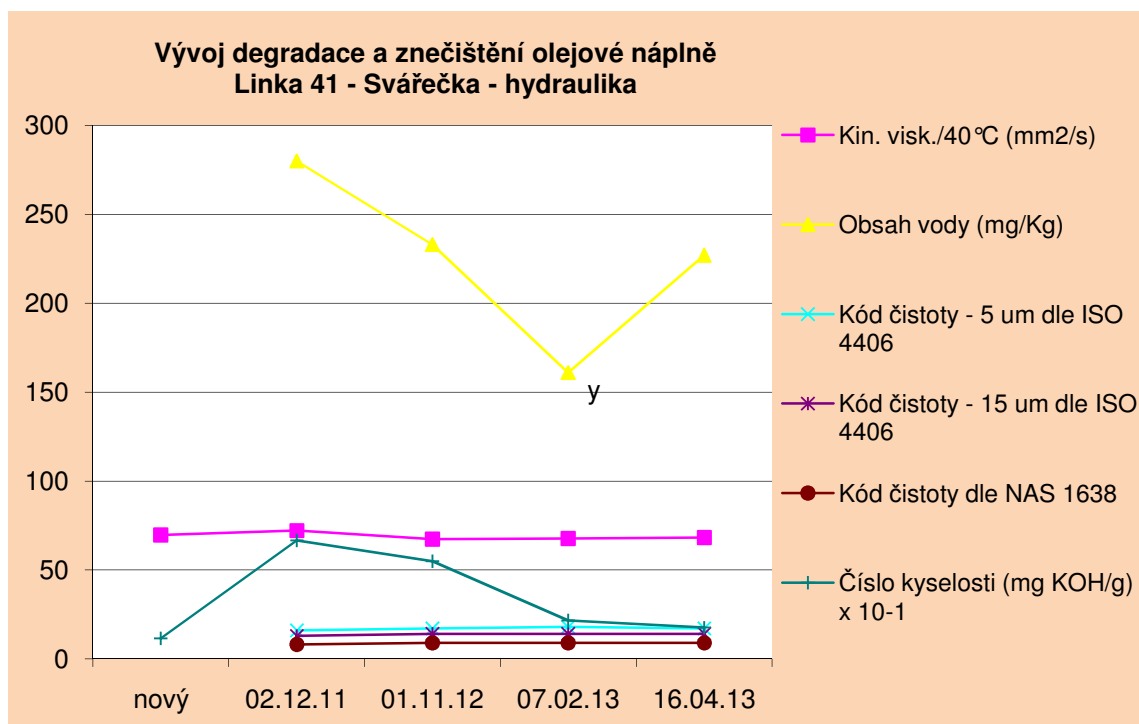
Ovšem číslo kyselosti se rapidně zvětšilo. Při prvním měření se zvětšilo skoro o 200 %, což nelze nepřehlédnout. Následné dvě měření se pohybuje ve stejných hodnotách. Poslední měření se opět číslo kyselosti rapidně zmenšilo a už se pohybuje ve stejných hodnotách, jako na počátku zavedení hydraulického stroje do provozu.

S číslem kyselosti samozřejmě souvisí i barva, která se při prvních dvou měření ze žluté barvy změnila na hnědou a posléze byla opět žlutá. Vzhled barvy kapaliny byl nezměněn. Látky kyselého charakteru mohou pocházet z původních surovin, ale mohou se do vzorku dostat také druhotným způsobem. Jednak jako produkty oxidačních reakcí v průběhu stárnutí, jednak jako aditiva přidávána do olejů, např. inhibitory nebo také detergenty.

Tab. 2 – Naměřené hodnoty hydraulického lisu

Vzhled	Barva	Číslo kyselosti (mg KOH/g)	Kód čistoty dle ISO 4406/99	Kód čistoty dle NAS 1638	Kód čistoty - 15 um dle ISO 4406	Kód čistoty - 5 um dle ISO 4406	Obsah vody (mg/Kg)	Kin. visk./40 °C (mm ² /s)	Datum
změna	změna	zvýš. max o 0,2 za 3 měsíce		max. 10	max. 15	max. 18	max. 500 mg/Kg	nárůst či pokles o max. 15%	Doporučený limit nebo rozsah
čirý	žlutá	1,14						69,63	nový
průhledný	hnědá	6,66		8	13	16	280	72,20	02. 12. 2011
průhledný	hnědá	5,48		9	14	17	233	67,24	01. 11. 2012
průhledný	žlutá	2,15		9	14	18	161	67,68	07. 02. 2013
průhledný	žlutá	1,77		9	14	17	227	68,13	16. 04. 2013

Na následujícím grafu můžeme vidět, jak hodnoty narůstaly a klesaly. Viz Graf 1.

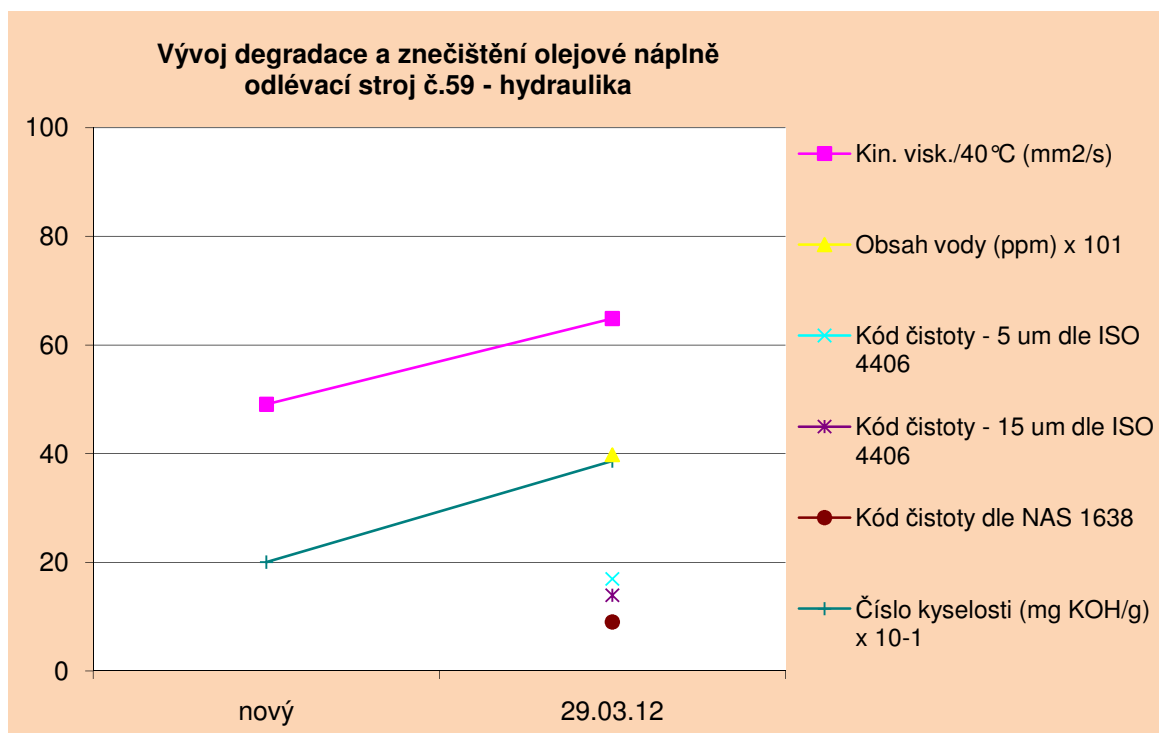


Graf 1 – Grafické znázornění naměřených hodnot

Na tomto je grafu je zcela názorné, jak se stav kapaliny měnil. Obsah vody je ve velkých výkyvech. Ze začátku rapidně klesá, ale po třetí kontrole se opět vrací na svou původní hodnotu. Kinematická viskozita je skoro ve vodorovné úrovni. Kód čistoty při 5 μm dle ISO a při 15 μm je skoro stejná. Naopak na druhou stranu se číslo kyselosti ze začátku rapidně zvýšilo, ale poté se postupně ustálilo. To mohlo být zapříčiněno stárnutím kapaliny nebo tím, že se do kapaliny dostaly aditiva.

Tab. 3 – Tabulka naměřených hodnot

Datum	Doporučený limit nebo rozsah	nový	29. 03. 2012
Kin. visk./40 °C (mm ² /s)	nárůst či pokles o max. 15%	49,07	64,84
Obsah vody (ppm)	max. 500 ppm		398
Kód čistoty - 5 um dle ISO 4406	max. 18		17
Kód čistoty - 15 um dle ISO 4406	max. 15		14
Kód čistoty dle NAS 1638	max. 10		9
Číslo kyselosti (mg KOH/g)	zvýš. max o 0,2 za 3 měsíce	2,00	3,87
Barva	změna	žlutá	žlutá
Vzhled	změna	čirý	průhledný



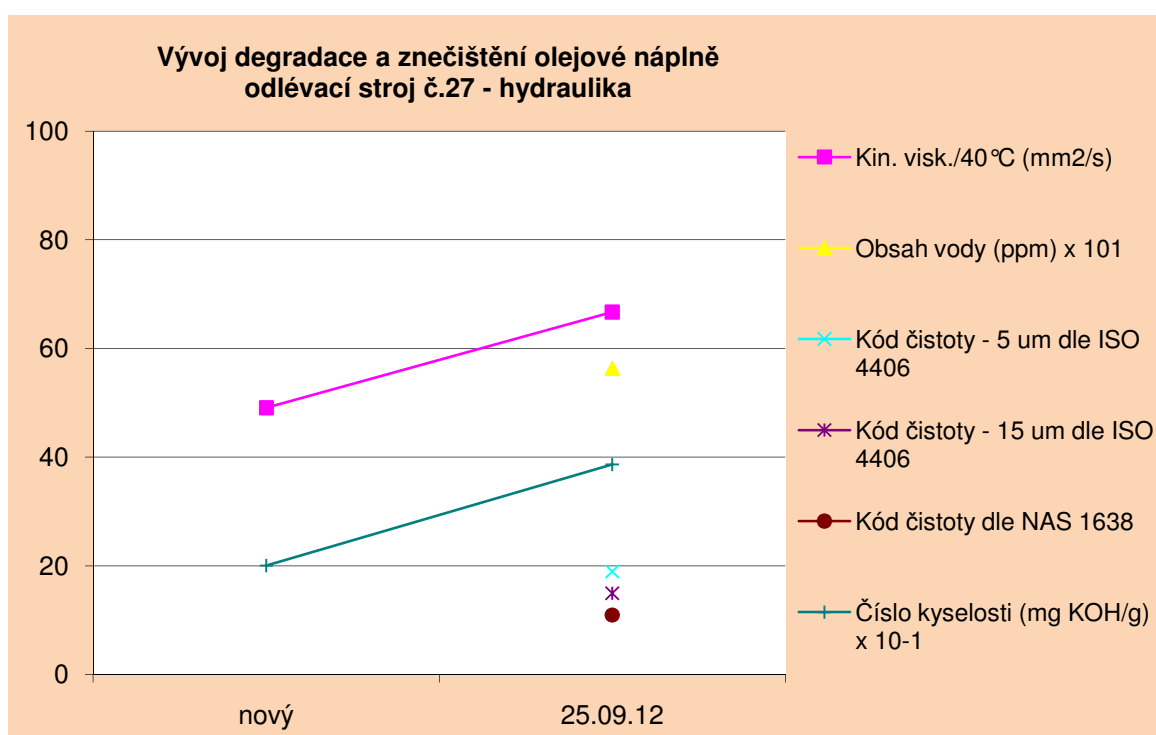
Graf. 2 – Graf naměřených hodnot

U těchto výsledků je opět patrná změna kinematické viskozity při 40 °C. Je to však „normální“, jelikož při provozu se může stát, že dojde k velkým změnám viskozity. Za nárůst viskozity většinou zodpovídá zejména termická a oxidační degradace.

Nárůst čísla kyselosti znamená zvyšování stupně degradace oleje, protože v kapalině vznikaly nežádoucí kyselé produkty, které mohou také např. zvyšovat korozivitu.

Tab. 4 – Naměřené hodnoty

Datum	Doporučený limit nebo rozsah	nový	25. 09. 2012
Kin. visk./40 °C (mm ² /s)	nárůst či pokles o max. 15%	49,07	66,70
Obsah vody (ppm)	max. 500 ppm		563
Kód čistoty - 5 um dle ISO 4406	max. 18		19
Kód čistoty - 15 um dle ISO 4406	max. 15		15
Kód čistoty dle NAS 1638	max. 10		11
Číslo kyselosti (mg KOH/g)	zvýš. max o 0,2 za 3 měsíce	2,00	3,87
Barva	změna	žlutá	hnědá
Vzhled	změna	čirý	průhledný



Graf 3 – Grafické znázornění naměřených hodnot

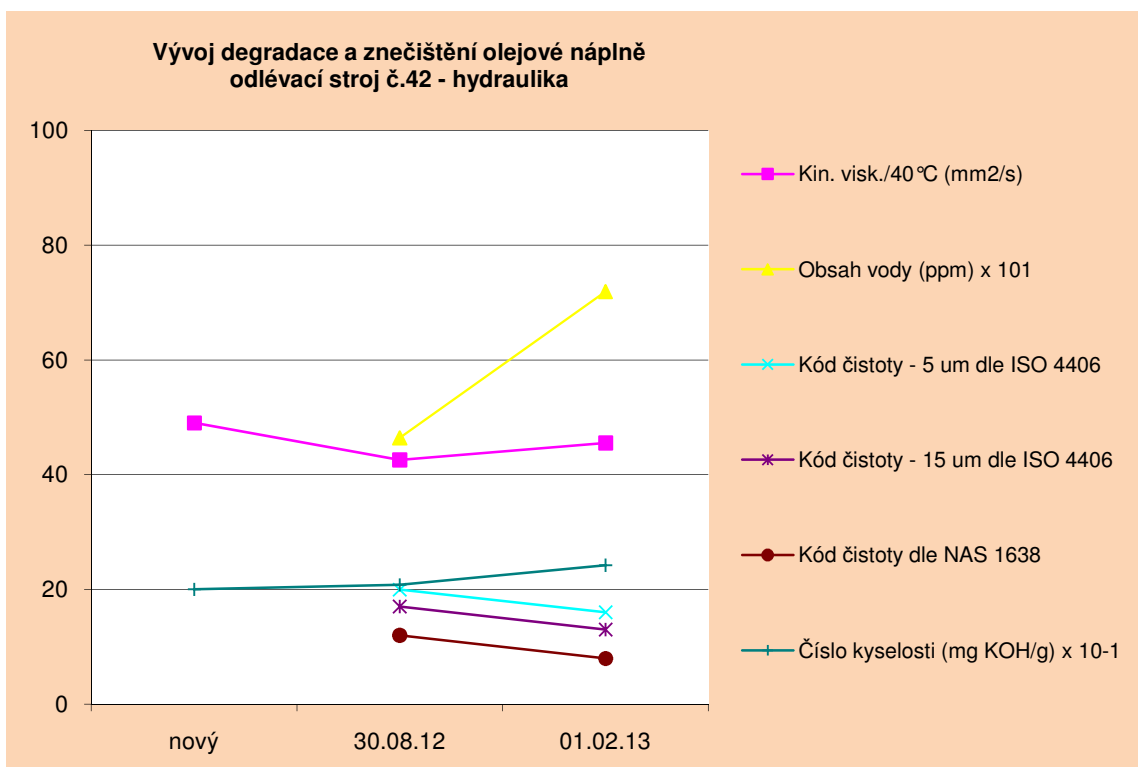
U tohoto měření je jasně patrné, že kinematická viskozita se zvětšila skoro o 26,43 %, což je hodnota naprosto nepřijatelná. Jelikož povolená hodnota je maximálně o 15 %, což v našem případě skoro o 12 % tuto hodnotu překročilo. Zákazníkovi bylo doporučeno vyměnit olej v nádrži.

Změnila se tudíž i barva a vzhled kapaliny. Za dobu v provozu se do oleje dostaly nečistoty a ty způsobily jak ztmavnutí oleje, tak i vzhled, který byl na počátku naprosto čirý a nyní je pouze průhledný. Barva ze žluté, se změnila na tmavě hnědou.

Obsah vody se zvětšil o 563 ppm, což je také nepřijatelné. Kód čistoty dle NAS 1638 se zvětšil o 10 % nad povolenou hranici.

Tab. 5 – Zpracované hodnoty

Vzhled	Barva	Číslo kyselosti (mg KOH/g)	Kód čistoty dle NAS 1638	Kód čistoty - 15 µm dle ISO 4406	Kód čistoty - 5 µm dle ISO 4406	Obsah vody (ppm)	Kin. visk./40 ° C (mm ² /s)	Datum
změna	změna	zvýš. max o 0,2 za 3 měsíce	max. 10	max. 15	max. 18	max. 500 ppm	nárůst či pokles o max. 15%	Doporučený limit nebo rozsah
čirý	žlutá	2,00					49,07	nový
čirý	žlutá	2,08	12	17	20	464	42,58	30. 08. 2012
čirý	žlutá	2,42	8	13	16	719	45,51	01. 02. 2013



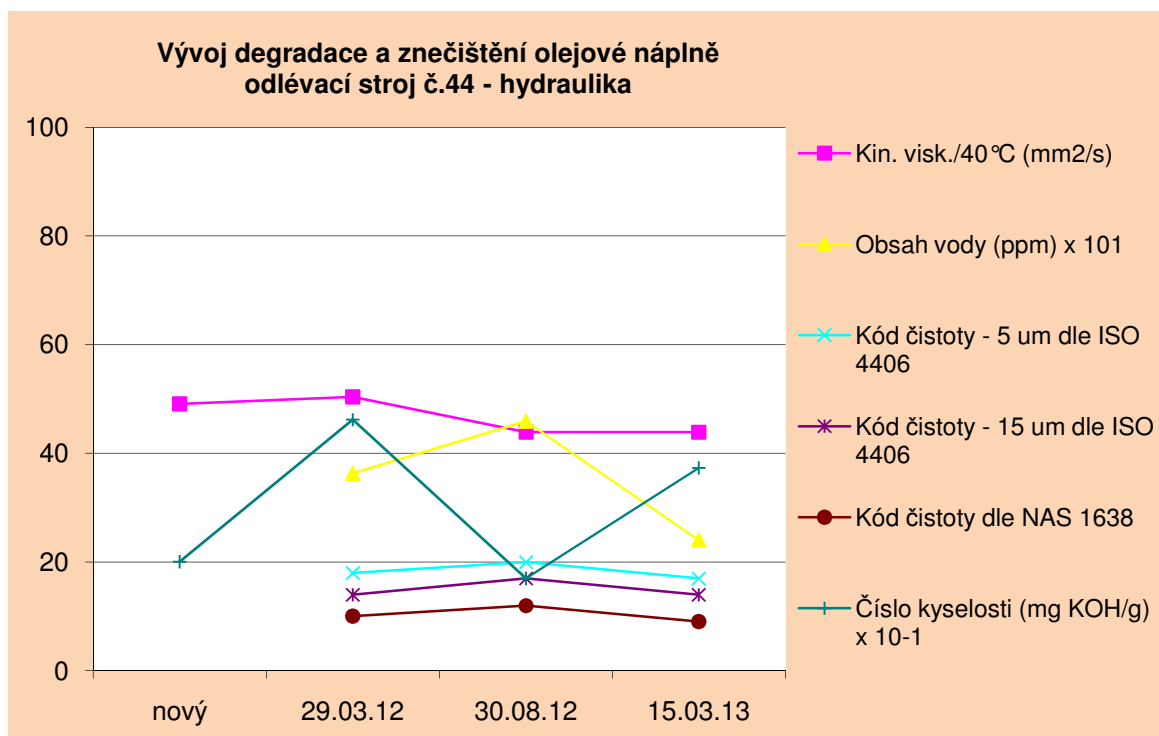
Graf. 4 – Grafické zpracování rozboru vzorku

U tohoto rozboru hydraulické kapaliny se při prvním měření nevešly do normovaných hodnot kód čistoty 5 µm a 15 µm dle ISO 4406, kód čistoty dle NAS 1638. Kód čistoty je maximálně u 5 µm. - 18 µm a zjištěno bylo 20 µm. U 15 µm to byla hodnota 17 µm. Kód čistoty dle NAS 1638 je maximálně 10 a byla naměřena hodnota 12. Obsah vody a kinematická viskozita je v pořádku.

Ovšem u druhého měření byl překročen obsah vody, který je maximálně 500 ppm a naměřeno bylo 719 ppm. Ostatní hodnoty klesly oproti minulému měření na přijatelné hodnoty. Barva a vzhled kapaliny však zůstává stejný.

Tab. 6 – Naměřené hodnoty

Doporučení	Hodnocení	Vzhled	Barva	Číslo kyselosti (mg KOH/g)	Kód čistoty dle NAS 1638	Kód čistoty - 15 µm dle ISO 4406	Kód čistoty - 5 µm dle ISO 4406	Obsah vody (ppm)	Kin. visk./40 °C (mm ² /s)	Datum
		změna	změna	zvýš. max o 0,2 za 3 měsíce	max. 10	max. 15	max. 18	max. 500 ppm	nárůst či pokles o max. 15%	Doporučený limit nebo rozsah
		čirý	žlutá	2,00					49,07	nový
		průhledný	žlutá	4,62	10	14	18	363	50,38	29. 03. 2012
FILTARCE	nepřípustný	průhledný	žlutá	1,70	12	17	20	459	43,87	30. 08. 2012
VÝMĚNA	nepřípustný	průhledný	žlutá	3,73	9	14	17	240	43,91	15. 03. 2013

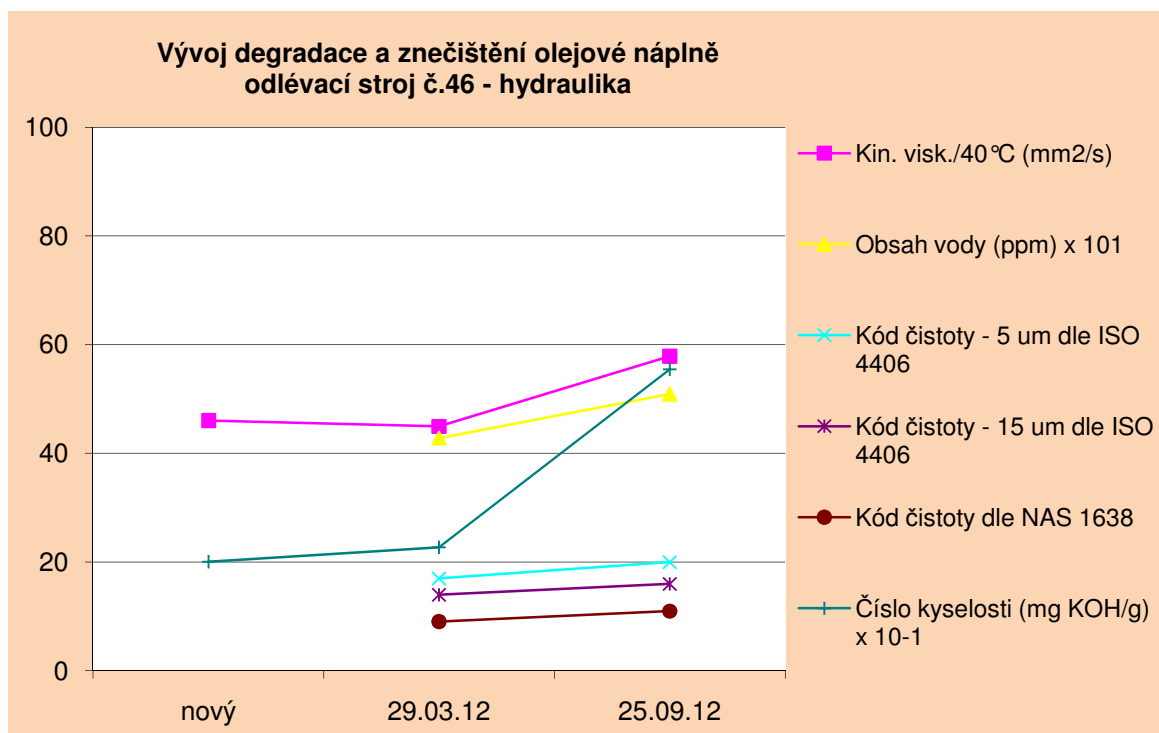


Graf. 5 – Zpracovány naměřené hodnoty

U prvního rozboru bylo vše v pořádku. Ovšem u druhého měření rozbor této kapaliny jasně určil, že při druhém měření byla hodnota u čísla kyselosti naprosto nepřijatelná. Číslo kyselosti se změnilo ze $4,62 \text{ mg} \cdot \text{KOH} \cdot \text{g}^{-1}$ na $1,70 \text{ mg} \cdot \text{KOH} \cdot \text{g}^{-1}$. Kód čistoty dle NAS 1638 poté vedl k rozhodnutí, že se musí olej přefiltrovat. U posledního měření byly již hodnoty tak nepřijatelné, že byla doporučena výměna kapaliny. Což znamená vyměnit celý obsah nádrže, který je 400 litrů. Poslední výměna kapaliny byla provedena na přelomu roku 2011/2012.

Tab. 7 – Zpracované hodnoty

Doporučení	Hodnocení	Vzhled	Barva	Číslo kyselosti (mg KOH/g)	Kód čistoty dle NAS 1638	Kód čistoty - 15 um dle ISO 4406	Kód čistoty - 5 um dle ISO 4406	Obsah vody (ppm)	Kin. visk./40 °C (mm ² /s)	Datum
		změna	změna	zvýš. max o 0,2 za 3 měsíce	max. 10	max. 15	max. 18	max. 500 ppm	nárůst či pokles o max. 15%	Doporučený limit nebo rozsah
		čirý	žlutá	2,00					46,00	nový
		průhledný	žlutá	2,27	9	14	17	428	44,98	29. 03. 2012
výměna	nepřípustné	průhledný	hnědá	5,54	11	16	20	509	57,83	25. 09. 2012



Graf. 6 - Grafické znázornění rozboru kapaliny

První laboratorní měření bylo v pořádku a všechny hodnoty odpovídaly normám.

Doba mezi prvním a druhým měřením byla 6 měsíců. Hodnoty během této doby se dostaly na nepřípustné meze a z tohoto důvodu bylo doporučeno vyměnit celý obsah nádrže. Kinematická viskozita se zvětšila o cca 23 %. Číslo kyselosti bylo zvýšeno o 3,27. Ovšem povolená hodnota je 0,2 za 3 měsíce. Tudiž bychom se měli pohybovat v hodnotách maximálně o 0,4 větší. Ale hodnota, která byla naměřena, je zcela nevhodná pro další použití kapaliny a z tohoto důvodu bylo doporučeno, aby se obsah celé nádrže vyměnil – 400litrů. Obsah nádrže byl naposledy vyměněn na přelomu roku 2011/2012.

9. DOPORUČENÍ A NÁPRAVNÁ OPATŘENÍ

V tribotechnické diagnostice je možno hovořit o mnoha parametrech, díky kterým můžeme provést různá opatření, aby životnost požadované kapaliny byla co nejdéší. I co se týče ekonomické stránky, která je v dnešní době také rozhodující, je životnost a průběžná výměna oleje, důležitá. Pokud se zaměříme na výsledky z laboratoří, ve většině případů se zvětšila kinematická viskozita při 40 °C a kód čistoty. To, že se změnila barva a vzhled s tím samozřejmě souvisí.

Při provozu hydraulického systému, se musíme zejména zaměřit na mechanické nečistoty. Mechanické nečistoty jsou v hydraulických kapalinách přítomny vždy a to je z velké části důvodem, že vznikne závada a posléze porucha obvodu. To úzce souvisí s vysokými ztrátami na stroji a může s tím souviset poté celá výroba, když stroj není nahraditelný.

Kvůli nenahraditelnosti stroje je pak otázka, zda není lepší zvolit menší intervaly pro provádění rozboru kapaliny než je 31 týdnů. Z praktického hlediska by lepší provádět zkoušky častěji, zhruba ve 3 měsíčním intervalu. Tím dosáhneme toho, že kapaliny bude častěji kontrolována a tímto způsobem můžeme zvětšit i její životnost. Samozřejmě by bylo nejvhodnější, kdyby se kapalina mohla kontrolovat každý měsíc, ale z ekonomického hlediska by to bylo asi nepřipustné, jelikož tyto zkoušky jsou celkem ekonomicky náročné a musíme si uvědomit, že v dnešní době to není nejlevnější záležitost.

Pokud se budeme bavit o mechanických nečistotách, které jsou ve většině případu hlavním důvodem, proč se musí kapalina/olej filtrovat. Pokud je ovšem kapalina častěji filtrována, její kvalita již není tak dobrá jako na počátku a proto je lepší potom celou náplň vyměnit. A opět se vracíme k ekonomické stránce. Při tomto případě bych doporučila lepší a kvalitnější filtry, jemnější, které by zabraňovaly vniku nečistot do kapaliny. Musíme však počítat s tím, že se tam vždy nečistoty dostanou, ale s jemnějšími filtry bychom mohli zabránit vniku alespoň z poloviny těchto částic než bez filtru nebo nekvalitního filtru.

ZÁVĚR

Efektivita a životnost hydraulického lisu a jeho systému je zásadně ovlivněna stavem hydraulické kapaliny, rychlým odhalením závad a v neposlední řadě spolehlivou diagnostikou celého obvodu. Proto je vhodné hlavní pozornost věnovat stavu hydraulické kapaliny, bez které bychom se v dnešním světě přístrojů neobešli. Hydraulické kapaliny jsou velmi důležitou součástí každého hydraulického systému. Díky speciálním laboratorním přístrojům jsme dnes schopni zjistit její vlastnosti. Ať už se jedná o kinematickou viskozitu, obsah vody, nečistot, její vzhled a barvu.

Z rozboru hydraulických kapalin jsme se dozvěděli, že nejčastějším problémem je kód čistoty, kinematická viskozita a obsah vody. Kinematická viskozita se buď zvyšuje anebo klesá. Pokud je nízká, dochází k meznímu třetí a může dojít i k zadření třecích ploch. Je to způsobeno především změnou teploty a mechanickou degradací aditiv. Pokud je zjištěno vyšší číslo, než které je stanoveno, což je $\pm 15\%$, je to způsobeno částečnou oxidací oleje. Kód čistoty je velmi důležitý pro životnost kapaliny. Pak se může říct, že čím vyšší je čistota oleje, tím se prodlužuje životnost hydraulického systému a také se tím snižuje zmetkovitost výrobku. Pokud je zjištěno velké množství mechanických nečistot, je doporučeno přefiltrování kapaliny. Postupem času je pak nezbytné vyměnit celý obsah nádrže.

Pokud by ale bylo požadováno provádět kontrolu a rozbor kapaliny v kratších intervalech, nyní to je 31 týdnů, mohlo by se tím předejít velkým výkyvům v hodnotách. Kapalina by měla delší životnost, lepší mechanické vlastnosti a nemuselo by být tak časté doporučení filtrace kapaliny, případně výměna celého obsahu nádrže.

V dnešní době je však z ekonomického hlediska těžké, požadovat například každý měsíc rozbor kapaliny. Jelikož se nejedná o levnou záležitost, musíme si položit otázku, zda je lepší provádět rozbor kapaliny častěji nebo posléze filtrovat či dokonce měnit celý obsah nádrže.

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji vedoucímu diplomové práce Ing. Ladislavu Hrabcovi PhD. za účinnou, metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé diplomové práce. Také bych chtěla poděkovat panu Mgr Vítu Šebestovi za cenné rady v praktické části a zkušenosti v oboru.

V Olomouci: 15. 5. 2013



(podpis autora)

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] KREIDL, M. – ŠMÍD, R.: *Technická diagnostika*, Praha : BEN – Technická literatura, 2006, 1. vydání, 408 s., ISBN 80-7300-157-6.
- [2] HELEBRANT, F. – ZIEGLER, J. – MARASOVÁ, D.: *Technická diagnostika a spolehlivost I – Tribodiagnostika*, 1. vydání, Ostrava, VŠB – TUO Ostrava, 2001, 158 s., ISBN 80-7078-883-6.
- [3] HELEBRANT, F.: *Technická diagnostika a spolehlivost IV – Provoz a údržba strojů*, 1. vydání, Ostrava, VŠB – TUO Ostrava, 2008, 127 s., ISBN 978-80-248-1690-6.
- [4] KOPÁČEK, J.: *Technická diagnostika hydraulických mechanismů*, Praha, SNTL – Nakladatelství technické literatury 1990, 159 s., ISBN 80-03-00308-3.
- [5] ŠAFR, E.: *Technika mazání*, 2. doplněné vydání, Praha 1970, 384 s., 04-010-70
- [6] JANOUŠEK, I. – KOZÁK, J. – TARABA, O. – a kol.: *Technická diagnostika*, 1. vydání, Praha 1, 432 s., 04-236-88.
- [7] ŠAFR, E. – DYK, A.: *Technika mazání v průmyslových závodech*, 1. vydání, Praha 1956, 428 s., L 13 – B 2 - 3- I, PT 621.89.
- [8] ZIEGLER, J. – HELEBRANT, F.: *Technická diagnostika výrobních zařízení*, 1. vydání, Ostrava 1992, 182 s., ISBN 80-7078-111-4.
- [9] PROKEŠ, J.: *Hydraulické mechanismy*, 1. Vydání, Praha 1970, 225 s, 401-981
- [10] KRAUSER, J.: *Hydraulické lisys*, 1. Vydání, Praha 1956, 404 s, L13 – B3 – 4 - I
- [11] *Hydraulické kapaliny* [online]. [citováno dne 25. Duben 2013]. Dostupné z WWW: <http://www.cahp.cz/wp-content/2012/03/01_Cimcool_Hydraulicke_kapaliny.pdf>
- [12] *Hodnocení stavu oleje* [online]. [citováno dne 3. Května 2013]. Dostupné z WWW: <<http://www.omacz.cz/?p=30>>
- [13] *Viskozimetry* [online]. [citováno dne 3. Května 2013]. Dostupné z WWW: <<http://www.verkon.cz/viskozimetry/>>
- [14] *Traktory* [online]. [citováno dne 3. Května 2013]. Dostupné z WWW: <<http://www.kubota.sk/univerzalne-traktory/kubota-l/>>
- [15] *Hydraulické jeřáby* [online]. [citováno dne 3. Května 2013]. Dostupné z WWW: <<http://www.forestmeri.cz/kronos-s%C3%89rie-6020/>>

- [16] *Hliníková kola* [online]. [citováno dne 4. Května 2013]. Dostupné z WWW:< <http://alu-kola.info/bazar.html>>
- [16] *Základní pravidla tribotechniky a její uplatňování v praxi* [online]. [citováno dne 4. Května 2013]. Dostupné z WWW:< <http://www.ceskarafinerska.cz/data/publications/tribotechnika.pdf>>
- [17] *Vlastnosti tekutin* [online]. [citováno dne 4. Května 2013]. Dostupné z WWW: <<http://www.338.vsb.cz/PDF/vlastnosti%20tekutin.pdf>>
- [18] *Vlastnosti tekutin* [online]. [citováno dne 4. Května 2013]. Dostupné z WWW: <<http://www.oleje.cz/clanek/Hydraulicke-kapaliny>>